

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ALTERAÇÕES RENAIIS DE OVINOS ALIMENTADOS COM
GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA RESISTENTES À
COCHONILHA DO CARMIM (*Dactylopius opuntiae*)**

ERICK ALEXANDRE MAGALHÃES SILVA

RECIFE-PE
FEVEREIRO, 2022

ERICK ALEXANDRE MAGALHÃES SILVA

**ALTERAÇÕES RENAIIS DE OVINOS ALIMENTADOS COM
GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA RESISTENTES À
COCHONILHA DO CARMIM (*Dactylopius opuntiae*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia da Universidade
Federal Rural de Pernambuco para obtenção
do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia

Orientador: Profa. Dra. Adriana Guim
Coorientadores: Prof. Dr. Francisco de Assis
Leite Souza
Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos
Monnerat
Dra. Kelly Cristina dos Santos

**RECIFE-PE
FEVEREIRO, 2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586a Silva, Erick Alexandre Magalhães
Alterações renais de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*dactylopius opuntiae*) / Erick Alexandre Magalhães Silva. - 2022.
52 f. : il.
- Orientador: Adriana Guim.
Coorientador: Francisco de Assis Leite Souza.
Inclui referências e apêndice (s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2022.
1. Cactácea. 2. Histologia. 3. Sistema excretor. 4. Pequenos ruminantes. 5. Oxalato. I. Guim, Adriana, orient. II. Souza, Francisco de Assis Leite, coorient. III. Título

CDD 636

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ALTERAÇÕES RENAIIS DE OVINOS ALIMENTADOS COM
GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA RESISTENTES À
COCHONILHA DO CARMIM (*Dactylopius opuntiae*)**

Dissertação elaborada por
ERICK ALEXANDRE MAGALHÃES SILVA

Aprovado em/...../.....

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Adriana Guim
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Prof. Dr. Tomás Guilherme Pereira da Silva
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Dr. Jasiel Santos de Morais
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE-PE
FEVEREIRO, 2022

*Dedico,
À Deus, por Ele e para Ele são todas as coisas. Às
centenas de milhares de pessoas (dentre elas muitos
pesquisadores, professores, cientistas) que
perderam suas vidas para o covid-19 e tiveram os
seus sonhos rompidos. Dedico também à minha
mãe, minha irmã, ao meu sobrinho e à minha
namorada que sempre me apoiaram, sempre
estiveram ao meu lado. Eles são minha força motriz,
que fazem o possível e o impossível para que meus
sonhos sejam realizados.*

AGRADECIMENTOS

À Deus por respirar, por me dar forças para continuar e enfrentar todas as dificuldades sem hesitar, com humildade e perseverança. Por sempre me proteger e sempre ter colocado pessoas especiais em minha vida e que tive a oportunidade de compartilhar experiências. Toda honra e glória a Ele é dada!

À minha avó (in memoriam) onde estiver, espero ter honrado a família e dado orgulho com mais essa conquista. À minha família, em especial minha mãe e irmã, Claudelle Magalhães Lins de Albuquerque Lima e Cynthia Carollyne Magalhães Silva, que são minha razão de viver, que sempre acreditaram em mim, sempre me incentivaram, e por todo o amor a mim dedicado. Ao meu sobrinho, João Lucas, que amo incondicionalmente. E a minha namorada Camila Sousa, por estar ao meu lado enfrentando tudo que vier sem hesitar, como também, agradeço por através dela, conhecer pessoas incríveis que foram os seus familiares (meu sogro Formigão, dona Cosma, Luana, dona Dora e Seu Luiz), são pessoas que me fazem muito bem e sempre me dão muita força, transmitem muita paz, muita alegria para minha vida.

Agradeço a minha casinha Ruralinda (Universidade Federal Rural de Pernambuco) por todo conhecimento que nela adquiri, toda experiência trocada, por todo acolhimento dos profissionais que nela trabalham, por ser uma Instituição de grande valor científico e sentimental para mim.

Ao departamento de Zootecnia e todos que o compõe, por sempre me acolher durante toda a minha jornada desde a graduação. A CAPES por patrocinar esse estudo científico e conceder a bolsa de mestrado durante todo o período de formação.

À minha orientadora, Adriana Guim, por toda dedicação, compreensão, paciência e por todos os ensinamentos. Foi uma honra ter sido seu aluno e orientado desde a graduação até o mestrado. Conte sempre comigo. Obrigado por toda confiança, querida professora. A todos os professores do Departamento de Zootecnia e Medicina Veterinária, pela contribuição com seus ensinamentos, trocas de experiências.

Um agradecimento especial ao meu comitê de coorientação que são pessoas incríveis, que admiro muito e quero levar sempre comigo. Ao Professor João Paulo Monnerat que sou muito fã da inteligência desse homem. A Doutora Kelly que sempre me ajudou e me estimulou a fazer o meu melhor. E ao Professor Francisco Leite, um profissional excelente, no qual foi uma honra ter o conhecido e trabalhado, juntamente a ele, sua equipe Dra. Edna e Nayadjala que foram pessoas extremamente pacientes, solícitas e que me ajudaram muito nessa trajetória. À equipe Guim por proporcionar amizade, conhecimentos e crescimento. À Profa. Janaina Arandas por toda ajuda, paciência e colaboração.

Aos meus amigos da Caverna do Dragão que tanto me ajudaram tanto profissionalmente quanto na vida pessoal, João Vitor Clemente, Thaís Sougey (Gabi Prado) Agni Martins (Mopinha), Rodrigo Andrade, Gabriela Conceição (Gabi), Gabriela Melo (Gaby), Marina

Almeida (Cremosa), Fabio Santos (Tarântula velha), Salmo Olegário (Salminho) e minha amada Mila. Além de pessoas como Oziel Saturnino (Mel), Michelle Siqueira, Luiz Wilker, Jasiel Moraes (Charutoso), Sr. Pedro, Daciele Abreu (Daci), Isis Lima, Francisco Leite, Lillian Brito, Rabia e Maria Helena Sarinho (MH).

Aos meus manos da vila Pedro Victor (Peroibe), Rafael Pinheiro (Mel), Italo Vilar (Rei), Vitor Oliveira e Rodrigo Albuquerque (Borguethi).

Obrigado a todos, essa conquista também é de vocês! Gratidão!

**ALTERAÇÕES RENAIS DE OVINOS ALIMENTADOS COM GENÓTIPOS DE
PALMA FORRAGEIRA RESISTENTES À COCHONILHA DO CARMIM
(*Dactylopius opuntiae*)**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de duas variedades de palma resistentes à cochonilha carmim através da histopatologia e histomorfometria do parênquima renal de ovinos. Trinta e seis cordeiros ($22,0 \pm 2,9$ kg de peso corporal) foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e doze repetições. Durante 86 dias, os animais receberam dieta contendo feno de Tifton como volumoso exclusivo (60% da MS) (controle) e mais duas dietas em que o feno foi substituído em 75% por cladódios de Palma forrageira Miúda ou Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.). As amostras de sangue foram coletadas 45 dias após a introdução das dietas testadas para determinar indicadores do metabolismo energético e proteico, bem como, após o abate, fragmentos dos rins foram coletadas para análise histopatológica e histomorfométrica. Observou-se achados histopatológicos de nefrite, proteinose glomerular, proteinose tubular. No entanto, ressalta-se que as lesões observadas nos rins dos ovinos alimentados com palma forrageira, independente dos genótipos estudados, não diferiram ($p > 0,05$) entre os tratamentos experimentais. Para a histomorfometria os volumes das áreas mensuradas de corpúsculo renal, glomerulo renal e capsula de Bowman sofreram influência das dietas experimentais ($p < 0,05$). Desta forma, pode-se inferir que as lesões no parênquima renal existiram, mas não foram marcantes em ovinos alimentados com os genótipos de palma Miúda ou Orelha de Elefante Mexicana, por 86 dias.

Palavras-chave: Cactácea, histologia, sistema excretor, pequenos ruminantes, oxalato

**RENAL ALTERATIONS IN SHEEP FED GENOTYPES OF CACTUS
CLADODES RESISTANT TO CARMINE COCHINEAL (*Dactylopius opuntiae*)**

The aim of this work was to assess the effect of two varieties of cochineal-resistant cactus cladodes through histopathology and histomorphometry of the renal parenchyma in sheep. Thirty-six lambs (22.0 ± 2.9 kg of body weight) were randomly distributed to a completely randomized design with three treatments and twelve repetitions. Over 86 days, the animals were fed a control diet containing Tifton hay as exclusive roughage (60% of dietetic DM) and two other diets where 75% of the hay was replaced by cactus cladodes (genotypes “Miuda” or “Orelha de Elefante Mexicana - OEM”). Blood samples were drawn 45 days post-feeding to determine indicators of energy and protein metabolism, and liver fragments were collected after slaughter for histopathological and histomorphometry analyses. Histopathological findings included nephrites, glomerular proteinosis, and tubular proteinosis. However, it is worth noting that lesions found in lambs fed cactus cladodes did not differ ($p > 0.05$) between the genotypes studied. For histomorphometry analysis, there was an effect of the experimental diets ($p < 0.05$) on area volumes of renal corpuscle, renal glomerulus, and Bowman’s capsule. Therefore, it can be concluded that lesions in renal parenchyma were present, but tissue damage was not outstanding in lambs fed either of cactus cladodes genotypes over 86 days.

Keywords: Cactaceae, histology, excretory system, small ruminants, oxalate

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química de diferentes genótipos de palma forrageira	16
Tabela 2. Concentração de minerais de diferentes espécies e genótipos de palma forrageira	18
Tabela 3. Valores de referência para excreção de creatinina, ureia e albumina segundo Kaneko (2008) e para ovinos alimentados com palma Orelha de Elefante Mexicana (SILVA, 2018).....	25
Tabela 4. Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg de MS) das dietas experimentais.....	26
Tabela 5. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg de MS).	27
Tabela 6. Consumo de matéria seca, de oxalatos totais, ingestão de água, bioquímica sanguínea e volume urinário de ovinos alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira	31
Tabela 7. Frequência relativa (%) e absoluta de lesões histopatológicas nos rins de ovinos alimentados com palma forrageira	32
Tabela 8. Medianas da distribuição e intensidade das lesões histopatológicas nos rins de ovinos alimentados com palma forrageira.....	34
Tabela 9. Morfometria dos corpúsculos renais de ovinos alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotomicrografia dos rins de ovinos alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira. (A) e (B) Dieta contendo palma Orelha de Elefante Mexicana; (A) Presença de material eosinofílico amorfo intratubular multifocal compatíveis com cilindros proteicos (setas) que foram também observados no interior do espaço de Bowman. HE, barra = 200 μm . (B) Presença de material eosinofílico múltiplo e arredondado compatível com proteína dentro do espaço de Bowman do corpúsculo renal (cabeça da seta). HE, barra = 50 μm . (C) e (D) Dieta contendo palma Miúda; (C) Infiltrado linfocitário multifocal moderado peritubular (seta). HE, barra = 50 μm . (D) Infiltrado linfocitário periglomerular com moderado espessamento da cápsula de Bowman (seta). HE, barra = 50 μm . (E) e (F) Dieta controle (sem palma forrageira); (E) Parênquima renal sem lesão aparente. HE, barra = 200 μm . (F) Glomérulo renal sem lesão aparente. HE, barra = 50 μm 33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Escore de lesão utilizado para avaliação histopatológica dos rins de ovinos quanto ao grau de distribuição e intensidade.	30
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Palma forrageira.....	15
2.2 Ingestão de minerais por animais alimentados com palma forrageira	18
2.3 Fatores antinutricionais na palma	19
2.4 Marcadores bioquímicos são suficientes para avaliar a condição renal?.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Local do experimento	25
3.2 Animais, desenho experimental e tratamentos.....	26
3.3 Consumo de matéria seca, oxalatos e água via alimento	27
3.4 Colheita de fragmentos e análises	29
3.5 Análise estatística.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÃO	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO GERAL

A palma forrageira é um recurso forrageiro bastante utilizado nas áreas semiáridas da região Nordeste brasileiro, devido as suas características de adaptabilidade as condições edafoclimáticas proporcionada pelo metabolismo ácidos das crassuláceas, além do mais, ao seu alto conteúdo energético e hídrico (JOÃO NETO et al., 2016), em especial as variedades: palma miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e a palma orelha de elefante mexicana (O.E.M.) (*Opuntia strica* [Haw]. Haw). Estes genótipos apresentam a favorável característica de serem resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*), praga que dizimou palmais durante a seca que atingiu a região entre 2011 e 2017 (VASCONCELOS et al., 2009; MONTEIRO, 2017), fato que contribui com a sustentabilidade e seguridade dos sistemas de produção (SILVA et al., 2018).

Vem sendo registrado na literatura que a presença de oxalatos na composição química da palma forrageira (BATISTA et al., 2009), a diminuição na ingestão de água bebida e o alto volume urinário produzido pelos animais alimentados com palma podem comprometer o metabolismo e os parâmetros morfofisiológicos de órgãos dos animais submetidos a dietas contento esta cactácea (SILVA et al., 2021). O oxalato quando ligado ao cálcio, torna-o indisponível para a absorção nos animais (RAHMAN et al., 2013).

De acordo com Evan (2010) cerca de 80% dos cálculos renais são compostos por oxalato de cálcio. Em um estudo realizado por Silva et al. (2021) avaliou a concentração e frequência dos tipos de cristais presentes no sumário urinário em ovinos alimentados com dietas à base de silagens de palma forrageira e forrageiras tropicais observou que os ovinos que receberam dieta contendo silagem de palma forrageira teve maior incidência de cristais na urina, composta em sua maior parte, por oxalato de cálcio e fosfato de amônia-magnésio. Para Petrovic et al. (2021), a urolitíase possui alta incidência, multifatorial e é amplamente estudada, no entanto, os mecanismos implícitos não são completamente compreendidos. Barborza et al. (2019) realizou um estudo avaliando a histologia do sistema digestivo e renal de ovinos alimentados com palma forrageira, em que foram observadas algumas alterações no tecido renal.

É de grande valia ressaltar que a presença de oxalatos (REKIK et al., 2010), o alto percentual de minerais e suas relações na composição química da palma forrageira (SANTOS, 2008) poderia acometer os rins dos animais, o que leva a necessidade de maiores elucidções em

32 relação ao seu efeito sobre o organismo de ruminantes. Uma das maneiras de ampliar o estudo
33 é realizar avaliações histológicas dos rins dos animais consumindo este valioso recurso
34 forrageiro.

35 Os indicadores comumente empregados para descrever o real estado e a função do tecido
36 renal podem não ser tão sensíveis para detectar danos nestes órgãos. Sendo assim, o
37 conhecimento das características histopatológicas e histomorfométricas dos rins tornam-se
38 fundamentais para contribuir com tomadas de decisões mais precisas quanto ao manejo
39 nutricional do rebanho, zelando pela integridade animal e, concomitante, otimizem o
40 aproveitamento dos alimentos.

41 Com base no exposto, adotou-se a hipótese de que o consumo de palma forrageira pode
42 alterar a morfologia renal de ovinos. Desta forma, objetiva-se avaliar a condição renal de ovinos
43 alimentados com genótipos de palma resistentes a cochonilha (*Dactylopius opuntiae*) através
44 das ferramentas histopatológicas e histomorfométricas.

45 **2. REVISÃO DE LITERATURA**

46

47 **2.1 Palma forrageira**

48

49 As regiões semiáridas possuem características edafoclimáticas peculiares, tais como índice
50 pluviométrico, irregularidade do regime de chuvas e clima quente e seco (LUCENA, 2011).
51 Desta forma, o período de estiagem afeta a disponibilidade e qualidade de forragens nessas
52 regiões, como consequência, a produtividade animal é diretamente afetada. Diante desta
53 realidade, no semiárido brasileiro, a palma forrageira (*Opuntia sp. e Nopalea sp.*) integra os
54 projetos de medidas para mitigar os efeitos das secas sobre a atividade pecuária desde a década
55 de 1930 (SIMÕES et al., 2005) por apresentar características de adaptabilidade e qualidade
56 (LUCENA, 2011).

57 De acordo com o relatório do Intergovernamental “*Panel of Climate Change - IPCC (2007)*”
58 as áreas semiáridas do Nordeste brasileiro serão as mais afetadas pelas mudanças climáticas
59 globais. Para Teixeira et al. (2021), estas mudanças são uma enorme problemática
60 socioambiental governamental. Pois afetam diretamente o bioma Caatinga, por ser altamente
61 vulnerável devido a alta exploração pelo homem (CASTRO; CAVALCANTE, 2011),
62 modificando sua vegetação, torna a região mais árida e com prevalência de cactáceas

63 (SALAZAR et al., 2007). Posto isto, fica evidente que a palma forrageira se destaca como um
64 recurso forrageiro alimentar capaz de mitigar os efeitos edafoclimáticos (ROCHA, 2012).

65 De origem Mexicana, a palma forrageira cultivada no Nordeste brasileiro apresenta
66 rusticidade, disponibilidade para os animais durante o período de estiagem, resistência às
67 condições de áreas semiáridas, mantendo elevado potencial de produção com alto valor
68 nutritivo em ambientes no qual o estágio vegetativo é impossível para outras forrageiras
69 (LUCENA, 2011).

70 A palma forrageira possui produtividade entre 6,3 a 17,8 toneladas de matéria seca (MS)/ha
71 a cada dois anos após o plantio de acordo com a variedade, densidade de plantas e níveis de
72 adubação (AMORIM et al., 2015; SOUZA et al., 2017) o genótipo Orelha de Elefante Mexicana
73 tem maior produtividade de massa verde quando comparado ao genótipo Miúda (BARBOSA
74 et al., 2015). Apesar da variação nos diferentes estádios fenológicos (SILVA, 2019), de forma
75 geral, a palma é dotada de uma composição rica em água, matéria orgânica e carboidratos não
76 fibrosos (Tabela 1). Isto faz com que a palma tenha conteúdo energético superior em relação a
77 outras forrageiras e seja capaz de substituir parte do concentrado da dieta.

Tabela 1. Composição química de diferentes genótipos de palma forrageira

Genótipos	Matéria Seca (%)	Matéria Mineral (%)	Proteína Bruta (%)	Carboidrato Não-Fibroso (%)	Autor
Miúda ¹	15	9,0	3,5	57,4	Monteiro et al. (2019)
	10,9	15,4	4,4	53,4	Oliveira et al. (2018)
	13,9	14,0	4,1	52,3	Siqueira et al. (2018)
	13,2	12,8	4,0	54,3	Média
Orelha de Elefante	12,3	8,6	5,5	55	Monteiro et al. (2019)
	11,2	13,1	5,1	52,8	Barros et al., 2018
Mexicana ²	10,5	19,8	5,5	40,6	Conceição et al. (2018)
	11,3	13,8	5,3	49,4	Média

¹*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.; ²*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick.

78 **Fonte:** elaborada pelo autor.

79 O protagonismo da palma forrageira está ligado ao metabolismo ácido das crassuláceas
80 (CAM), no qual as plantas têm a capacidade de absorver energia solar durante o dia e fixar CO₂
81 durante a noite, minimizando a perda de água por evapotranspiração (RAMOS et al., 2011).
82 Adicionalmente, as características fisiológicas da palma fazem com que esta espécie seja
83 considerada vantajosa em ambientes com condições de alta luminosidade e de estresse hídrico

84 (TAIZ e ZEIGER, 2004). Além disto, a utilização de genótipos resistentes ao inseto cochonilha-
85 do-carmim (*Dactylopius opuntiae*) e a capacidade de ser armazenada em campo (ROCHA,
86 2012) tornam-se uma estratégia para o aumento na produtividade da cultura e garantia de oferta
87 para os animais (VASCONCELOS et al., 2009).

88 Conceição et al. (2018) testaram a substituição de farelo de trigo por palma forrageira
89 (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) e ureia em dietas de novilhos Girolando e concluíram que a
90 associação da palma com ureia pode substituir até 55% do farelo de trigo na dieta dos animais.
91 A combinação entre palma e ureia se justifica pelo baixo teor de proteína bruta da palma
92 forrageira, necessitando de uma fonte de proteína suplementar. Do mesmo modo, devido ao seu
93 baixo teor de fibra em detergente neutro, torna-se necessário assegurar que fontes de fibra
94 fisicamente efetiva sejam incluídas na dieta de animais alimentados com palma (MATTOS et
95 al., 2000; VALADARES FILHO et al., 2006; SIQUEIRA et al., 2017; LIMA, 2019).

96 A palma forrageira tem sido utilizada principalmente como forragem fresca, o que
97 possibilita satisfazer parcial ou até completa necessidade hídrica dos animais nos períodos
98 prolongados de estiagem. Em trabalho realizado por Silva (2020), avaliando parâmetros
99 metabólicos de ovinos alimentados genótipos de palma forrageira observou que os animais que
100 receberam dietas contendo palma forrageira em substituição ao feno de Tifton, a exigência de
101 água foi suprida 100% via dieta. Para estes animais, a ingestão de água via dieta (5,85 e 6,16
102 kg/dia) contendo palma forrageira foi de aproximadamente 46 a 74% a mais da necessidade
103 diária de água (3,99 e 3,53 kg/dia).

104 Tegegne et al. (2007) trabalhando com níveis de suplementação de palma em dietas para
105 ovinos, observaram que a ingestão de água de bebida reduziu de 1226,0 para 6,0 mL/dia quando
106 o nível de inclusão da palma forrageira foi de 80%. Segundo pesquisa feita por Costa et al.
107 (2012), com ovinos Santa Inês, em que testaram a substituição do milho por palma forrageira
108 (*Opuntia ficus indica* Mill), quanto maior o nível de inclusão da palma na dieta, menor a
109 ingestão de água de bebida. O consumo voluntário de água diminuiu em aproximadamente 25,6
110 g/dia para cada unidade percentual de palma forrageira na dieta, reafirmando que a palma
111 forrageira auxilia no aporte hídrico para os animais devido ao alto teor de umidade.

112 A palma forrageira apresenta elevada concentração de matéria mineral devido a grande
113 quantidade de nutrientes absorvida do solo (SILVA et al., 2012), porém, estes teores alteram-
114 se em razão do solo e do tempo de permanência no campo (NASCIMENTO et al., 2018;
115 PAULINO, 2019). As palmas forrageiras pertencentes aos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, como a
116 O.E.M. e a Miúda, apresentam concentrações elevadas de alguns minerais como cálcio, potássio

117 e magnésio (BEN SALEM, NEFZAOU; BEN SALEM, 2004; SOUZA et al., 2017) quando
118 comparadas a outras forrageiras.

119

120 **2.2 Ingestão de minerais por animais alimentados com palma forrageira**

121 As pesquisas de nutrição animal têm avaliado a inter-relação entre minerais e seus efeitos
122 através do balanço de minerais nos animais (TOMÁS; JONES; POTTER, 1973; ARAÚJO,
123 2009; SANTOS et al., 2009; SILVA, 2018b). Os minerais estão envolvidos na maioria das vias
124 metabólicas do organismo animal, desempenhando funções estruturais, fisiológica, catalítica e
125 reguladora, não apenas para a manutenção da vida, mas também visando o aumento da
126 produtividade (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999; LAMB et al., 2008).

127 Os minerais contidos em maiores concentrações na palma forrageira (cálcio, potássio e
128 magnésio; (Tabela 2), desempenham as seguintes funções no metabolismo de ruminantes: o
129 cálcio participa da mineralização dos ossos e regulação metabólica; o potássio está diretamente
130 envolvido com a manutenção do ambiente ruminal compondo a saliva de ruminantes, que está
131 diretamente ligada com o tamponamento ruminal mantendo um ambiente favorável para
132 atividade de bactérias celulolíticas (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2006) e o magnésio é
133 essencial para a formação da ATP, além de auxiliar no metabolismo de carboidratos e lipídeos
134 (GONZÁLEZ et al., 2000).

Tabela 2. Concentração de minerais de diferentes espécies e genótipos de palma forrageira

Palma forrageira	Ca (%)	K (%)	P (%)	Mg (%)	Autor
Orelha de Elefante Mexicana ¹	2,39	2,78	0,24	0,82	Silva (2018a)
	2,64	2,65	0,1	0,48	Nascimento et al. (2018)
	5,44	2,82	0,39	0,71	Silva (2019)
	3,49	2,75	0,24	0,67	Média
Miúda ²	3,84	3,53	0,20	0,87	Germano et al. (1999)
	2,93	2,55	0,07	0,32	Nascimento et al. (2018)
	6,7	3,44	0,54	0,72	Silva (2019)
	4,49	3,17	0,27	0,63	Média

¹*Opuntia stricta* (Haw.) Haw; ²*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick

135 **Fonte:** elaborada pelo autor.

136 O atendimento das necessidades de minerais dos animais ruminantes se dá através dos
137 alimentos ingeridos e da água, que não é fonte primordial, mas pode suprir quantidade
138 considerável (MEDEIROS; GOMES; BUNGENSTAB, 2015). Estudo feito por Costa et al.

139 (2012) relatou aumento linear da ingestão de minerais por ovinos Santa Inês consumindo palma
140 em substituição a 0, 25, 50, 75 e 100% do milho moído no concentrado, de modo que para os
141 níveis de substituição 0% e 100%, os consumos de minerais foram de 65,2 e 108,5 g/dia,
142 respectivamente. No entanto, o aumento da ingestão de minerais através da palma, que traz
143 consigo maior consumo de Ca, K e Mg (WANDERLEY et al., 2002), causa desbalanço na
144 relação Ca:P, que podem induzir o aparecimento de cálculos renais (SANTOS et al., 2009).
145 Segundo o NRC (2001), relações de Ca:P de 7:1 ou inferiores a 1:1 em dietas de ruminantes
146 predisõem este quadro. A relação entre Ca:P nos cultivares de palma Gigante e Miúda pode
147 atingir 40:1 (SANTOS, 1992), diferente da relação Ca:P encontrada por Silva (2020) de 1,36:1
148 para cultivar Miúda e 1,29:1 para cultivar Orelha de Elefante Mexicana.

149 A alta presença de cristais na análise de sedimentos urinários indica a possibilidade de
150 diagnóstico de urolitíase, doença de importância econômica para ovinos confinados, que
151 comumente está associada ao desequilíbrio Ca/P que desencadeia a formação de cristais de Ca
152 e Mg, além de fatores genéticos e fatores dietéticos, como a quantidade de fibra na dieta
153 (FREEMAN et al., 2010).

154 Em estudo realizado por Maciel et al. (2016), avaliando o comportamento metabólico de
155 ovinos recebendo dieta calculogênica, foi reportado que o fornecimento de dietas que causam
156 desbalanço de minerais está diretamente ligado à formação de urólitos e toxidez. Segundo
157 Araújo, Santos e Camacho (2013) e Batista et al. (2013), dietas com os altos níveis de cálcio
158 nas regiões nas quais a palma é utilizada na dieta dos animais é pouco reportado toxidez por
159 este mineral. Estes autores presumem que a presença de oxalato (ácido oxálico) contido na
160 palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*), está relacionado com a ação de redução da
161 disponibilidade de cálcio ou com uma interação negativa entre os minerais que se encontram
162 em excesso. Para Riet-Correa et al. (2008), a elevada relação de Ca:P é um dos fatores que
163 predisõem a formação de cálculos renais. Cabe mencionar que, segundo Trueman e Stacy
164 (1969), a formação de urólitos na espécie ovina é predominantemente advinda de sais de cálcio.
165

166 **2.3 Fatores antinutricionais na palma**

167 A palma forrageira é conhecida por apresentar concentrações de substâncias bioativas
168 (OLIVEIRA et al., 2021) e são encontradas em todas as partes da palma forrageira (GALATI
169 et al., 2002; NAZARENO, 2017). Estas substâncias, conhecidas também com metabólitos
170 secundários, estão associadas a evolução de uma espécie, à resistência das plantas ao estresse,
171 objetivando a sobrevivência ou adaptação as condições ambientais (excesso ou déficit hídrico,
172 alta ou baixa temperatura, radiação solar (TAIZ et al., 2017). Em pesquisa realizada por Silva

173 et al. (2016) que investigou a presença de compostos secundários na palma forrageira *Opuntia*
174 *cochenillifera* Mill foi detectado, na sua grande maioria no estágio do cladódio em
175 desenvolvimento, a presença de: fenóis, taninos, flavonoides, flavononas, flavonóis, nitrato,
176 saponinas, alcaloides, oxalatos e o ácido cianídrico.

177 Em animais ruminantes, o nitrato ingerido via dieta é reduzido a nitrito e posteriormente à
178 amônia pelas bactérias presentes no ambiente ruminal, o nitrito na corrente sanguínea atua
179 oxidando as hemoglobinas e reduzindo assim o transporte de oxigênio (TRIF et al., 1993;
180 DESSIMONI et al., 2014). Estes autores quantificaram uma concentração de 83,3mg/100g na
181 matéria seca da *Opuntia ficus-indica*. Os inibidores de tripsina presentes na palma atuam
182 inibindo a ação das enzimas proteolíticas, diminuindo a digestibilidade da proteína proveniente
183 da dieta e trazendo prejuízos no estado nutricional dos animais (MEDEIROS et al., 2015).

184 Em condições normais os fenóis não são considerados tóxicos, com exceção do grupo dos
185 fenóis poliméricos conhecidos como taninos, que possuem a habilidade de complexar e
186 precipitar proteínas de soluções aquosas (SALUNKHE et al., 1990). Os taninos estão presente
187 na maioria das plantas e podem ser classificados em hidrolisáveis e taninos condensados. São
188 considerados inibidores de enzimas devido a capacidade dos taninos de formar complexos com
189 proteínas e sua presença na palma forrageira pode diminuir a aceitabilidade, em função de sua
190 adstringência (SILVA e SILVA, 1999). Para Frutos et al. (2002) uma concentração de taninos
191 condensados variando em torno de 6-12% na matéria seca pode provocar diminuição de
192 consumo voluntário, afetar a atividade do processo digestivo, conseqüentemente, diminuição
193 da produtividade animal.

194 Os compostos fenólicos são de comumente ocorrência nos tecidos da palma forrageira
195 e assumem importância na alimentação devido a suas substâncias fungitóxicas, antibacterianas
196 e antiviróticas, atuando como um inibidor na germinação de esporos, crescimento micelial e
197 produção e atividade de enzimas microbianas (SHAHIDI e AMBIGAIPALAN, 2015), sendo o
198 tipo e estrutura química, a quantidade ingerida, espécie e particularidade de cada animal que
199 define o possível efeito prejudicial ou não desse composto (MAKKAR, 2003). Para Janiques et
200 al. (2013) a presença de polifenóis nos alimentos como agentes antioxidantes pode combater
201 aos danos provocados pelo excesso de radicais livres. São substâncias bioativas que parecem
202 ser capazes de auxiliar no controle de complicações de doença renal crônica, como o estresse
203 oxidativo e a inflamação (AJILA; LEELAVATHI; RAO, 2008).

204 Outros compostos de importância na nutrição animal é o ácido cianídrico, presente nas
205 plantas cianogênicas, são potencialmente tóxicas aos ruminantes devido à hidrólise dos
206 glicosídeos cianogênicos, liberando o HCN, o qual é rapidamente absorvido e transportado para
207 a corrente sanguínea, onde o cianeto bloqueia a cadeia respiratória inibindo a enzima citocromo-
208 oxidase, interrompendo a produção de ATP nas mitocôndrias, impedindo o transporte de
209 oxigênio e assim impedindo a respiração celular e levando os animais rapidamente a morte
210 (BALLANTYNE, 1987; CÂMARA et al, 2014).

211 O ácido oxálico é um dos ácidos orgânicos comumente encontrado em plantas forrageiras,
212 como capim-buffel e capim-elefante (KNIGHT; WALTER, 2003). Trata-se de um composto
213 que pode se ligar com minerais e possui funções nas reações metabólicas. O ácido oxálico pode
214 ocorrer de duas formas: solúveis e insolúveis. Normalmente, o oxalato solúvel possui afinidade
215 com cátions monovalentes, como potássio (K^+) e sódio (Na^+), enquanto o oxalato insolúvel
216 pode reagir com cátions bivalentes, sendo estes, cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) (SAVAGE
217 et al., 2000). Elevados níveis de oxalato (1,30 a 1,80%) em plantas ricas neste elemento, como
218 a palma forrageira, ocasionam a redução de aproximadamente 20% da biodisponibilidade do
219 cálcio contido nelas (BLANEY et al., 1982).

220 As principais funções conhecidas do oxalato nas plantas forrageiras são: proteger contra
221 herbivoria e insetos, regular o pH (comportando-se como outros ácidos orgânicos para
222 disponibilizar H^+ para no meio intracelular) e controlar o excesso de cálcio absorvido (RAVEN
223 e SMITH, 1974, 1976). É oportuno considerar que o oxalato formado é tóxico para a planta,
224 porém quando complexado ao cálcio, formando sais de cálcio, se torna inofensivo (OLSEN,
225 1939).

226 Ruminantes normalmente são mais tolerantes ao consumo de plantas ricas em oxalato
227 que animais não-ruminantes, pois as bactérias ruminais (em especial *Oxalobacter formigenes*;
228 CYMBALUK et al., 1986) degradam o oxalato solúvel a ácido fórmico e dióxido de carbono
229 (JUSTICE, 1985). Assim, uma parte do cálcio complexado ao oxalato se torna disponível. No
230 entanto, McKenzie e Schultz (1983) afirmaram que a maior parte do oxalato de cálcio ingerido
231 passa intacta pelo trato digestivo.

232 Apesar da mencionada redução da biodisponibilidade de cálcio em plantas com elevados
233 níveis de oxalatos, a degradação do oxalato de cálcio pela bactéria *Oxalobacter formigenes* no
234 ambiente ruminal disponibiliza uma parte do cálcio para o hospedeiro ruminante
235 (CYMBALUK et al., 1986). Para Rahman et al. (2013) concentrações de oxalato superior a 2%
236 da Matéria Seca pode diminuir a degradação das bactérias ruminais e causar intoxicação. Em

237 situações que o oxalato de cálcio escapa da degradação ruminal, o composto se torna
238 indisponível no intestino (AGUILAR, 2015) e pode causar inflamação da mucosa do ceco e do
239 cólon de ovinos (SILVA et al., 2021).

240 Há divergências na literatura quanto aos efeitos da presença de oxalato e os altos níveis
241 de minerais na palma forrageira sobre o parênquima renal. Alguns estudos com ovinos
242 submetidos a dietas contendo palma forrageira constataram o aumento do volume urinário
243 devido ao baixo teor de matéria seca, a presença de oxalatos e os altos teores de potássio na
244 palma, porém sem comprometimento da função renal (SILVA, 2018b; CARDOSO et al., 2019;
245 LOPES et al., 2019). No entanto, há evidências de que o oxalato absorvido no intestino e que
246 chega aos rins em sua forma insolúvel danifica as células dos túbulos renais e,
247 conseqüentemente, reduz a capacidade de filtração renal (El-KHODERY et al 2008; HOVDA
248 et al., 2010; RAHMAN et al., 2013; SUN et al., 2015).

249 Para Ben Salem e Abidi (2009), a afinidade entre o ácido oxálico com cálcio e o
250 magnésio deve ser levada em consideração durante a formulação de dietas contendo palma
251 forrageira para ruminantes. Em estudo feito por Lopes et al. (2017), a presença de oxalato nas
252 dietas contendo palma forrageira para cabras leiteiras não influenciou o metabolismo do
253 magnésio, mas causou diminuição dos valores médios encontrados para concentração sérica de
254 cálcio (1,67mmol/L). Os animais utilizados no estudo não apresentaram alterações nos índices
255 de excreção urinária. Riet-Correa et al. (2008) ressaltam, no entanto, que o fornecimento de
256 dietas com maiores proporções de grãos ou forragens ricas em oxalato ou sílica associados a
257 um manejo intensivo estão relacionados a urolitíase em ovinos.

258 Os processos bioquímicos e mecanismos de formação do cálculo renal ainda não são
259 inteiramente compreendidos. Tem-se que a hiperoxalúria, a redução na capacidade de filtrar, a
260 lesão celular e a apoptose são alguns dos possíveis mecanismos envolvidos na formação de
261 cálculos renais e sua manifestação clínica (COE; EVAN; WORCESTER, 2005; SUN et al.,
262 2015; KHAN et al., 2016). Somado a isto, para Smith e Sherman (1994) e Belknap e Pugh
263 (2002) a interação de fatores anatômicos do sistema urinário (uretra longa e de pequeno
264 diâmetro), fatores fisiológicos e nutricionais (dieta com excesso proteico ou ingestão de plantas
265 com grande quantidade de oxalato ou sílica, alto % de minerais) são condições que favorecem
266 a formação de urólitos.

267 **2.4 Marcadores bioquímicos são suficientes para avaliar a condição renal?**

268 Os rins são órgãos que desempenham funções visando manter o equilíbrio e a composição
269 de líquidos corporais dentro do âmbito fisiológico, eliminando produtos, dentre eles, a urina. A

270 urina é sintetizada para eliminar produtos do metabolismo que não serão mais utilizados pelo
271 organismo, para reabsorção de água e regulação de pH, processo no qual o sangue passa por
272 filtração do plasma e forma a urina primária (KONIG, 2012). O néfron é a menor unidade
273 funcional dos rins e é essencial para o entendimento do funcionamento renal (VERLANDER,
274 2014). De acordo com Carlton e McGavin (1998), as principais estruturas anatômicas dos rins
275 acometidas patologicamente, podendo levar à quadro renal crônico ou falha renal, são:
276 glomérulos, túbulos, interstício e vasos.

277 A urina é uma solução saturada de solutos formada nos rins, mais precisamente nos néfrons
278 (VERLANDER, 2004; REECE, 2006). A primeira etapa de formação da urina consiste numa
279 filtragem sanguínea realizada pelo glomérulo, responsável pela retenção das proteínas
280 plasmáticas e células sanguíneas com o objetivo de se obter um líquido que é aproximadamente
281 igual ao plasma, o filtrado glomerular (KLEIN, 2014).

282 Esse filtrado passa então por um processo de reabsorção de pelo menos 60% das substâncias
283 presentes, a qual ocorre nos túbulos contorcidos. Nesse processo, ocorre o retorno para a
284 circulação sanguínea de moléculas e íons indispensáveis ao organismo. Determinadas
285 substâncias são eliminadas do organismo através da urina pelos mecanismos de secreção tubular
286 após metabolização no fígado. A principal função da urina é a eliminação da amônia (NH₃),
287 formada durante a degradação de proteínas, assim, o fígado é responsável por transformar a
288 amônia em ureia através do ciclo da ureia (CAMPOS et al., 2005).

289 Em situações atípicas ao funcionamento normal do organismo, como, por exemplo, em
290 decorrência de um desbalanço nutricional, pode ocorrer lesões no tecido renal. As lesões renais
291 causam decréscimo na função renal. A depender da sua extensão e intensidade, as lesões podem
292 progredir em poucas horas ou em alguns dias (SIROTA et al., 2011). A dificuldade de detecção
293 nos estágios precoce para tratamento antes da perpetuação da lesão, torna-se um grande desafio
294 para a medicina laboratorial (BELCHER; EDELSTEIN; PARIKH, 2011; BELLOMO,
295 KELLUM, RONCO, 2012), pois a utilização de biomarcadores para estabelecer as condições
296 renais dos animais são um tanto limitadas. Castro et al. (2016) os definem como medidas que
297 determinam uma função normal ou patológica de um organismo.

298 Os biomarcadores mais utilizados para avaliação da função renal são a creatinina, a ureia e
299 a albumina. A creatinina é um produto da creatina no tecido muscular, sendo formada
300 diariamente e sem grandes variações em sua concentração (SODRÉ et al., 2007). Este indicador
301 é influenciado pelo peso corporal, idade, sexo, raça, massa muscular e ingestão de proteínas
302 (CASTRO et al., 2016). Apesar de ser secretada em pequenas quantidades, a creatinina pode
303 superestimar a taxa de filtração glomerular e, acrescentado a isto, os níveis séricos desse

304 metabólito apenas apresentam alteração quando 75% dos néfrons já se encontram afuncionais
305 (HSU et al., 2014; HENRIQUES et al., 2016); sendo assim, Padilha et al. (2011) consideram
306 que a creatinina pouco precisa e tardia, além do mais, para Braun et al. (2003), a creatinina é
307 um metabólito com baixa sensibilidade na detecção de lesões renais.

308 Em animais ruminantes, a ureia é sintetizada no fígado a partir, principalmente, da amônia
309 gerada no ambiente ruminal pela degradação de proteínas dietéticas (BERCHIELLI; PIRES;
310 OLIVEIRA, 2006). Parte da ureia produzida no fígado é então, lançada na corrente sanguínea
311 para ser filtrada pelos glomérulos renais e eliminada na urina (VERLANDER, 2008). No
312 entanto, Sodr e et al. (2007) afirmam que entre 40-70% da ureia recebida para filtração
313 glomerular pode retornar para o plasma a depender do fluxo urinário.

314 O nível de proteína da dieta parece ser um dos principais fatores que interferem na
315 quantidade de ureia detectada na urina devido   forma o de amônia ruminal durante a
316 degrada o proteica, como demonstrado por Haig et al. (2002). Segundo resultados encontrados
317 por Cardoso et al. (2019), a inclusão de palma forrageira reduz a excre o de ureia na urina, o
318 que provavelmente está relacionado a um melhor aproveitamento do N dietético devido a maior
319 sincroniza o proteína:energia a nível ruminal.

320 A albumina sintetizada no fígado representa a maior fra o das proteínas plasmáticas (50 a
321 65%), possuindo um papel importantíssimo na pressão osmótica do sangue (SCUDELLER,
322 2004). A concentra o da albumina sérica pode ser alterada por causas hepáticas ou baixo
323 aporte proteico (ROWLANDS, 1980). Fisiologicamente a filtra o glomerular não permite a
324 passagem de proteínas maiores que a molécula de albumina (raio de 3,5nm) que possui um peso
325 molecular de 69 kDa (DE LOOR et al., 2013). Proteínas com estruturas menores em rela o a
326 albumina, são reabsorvidas pelos túbulos proximais (CASTRO et al., 2016).

327 A concentra o elevada de proteínas na urina, além das interferências citadas anteriormente,
328 pode ser também consequência tanto de lesão glomerular (proteínas de peso molecular alto,
329 intermediário e baixo) como de lesões tubulares (DE LOOR et al., 2013). O grau de lesão
330 tubular pode ser indicado por concentra o urinária de proteínas acima de 0,5g em 24 horas
331 (KEPKA et al., 2013). Esta concentra o também aponta para a possibilidade desta lesão tornar-
332 se cr nica.

333 Segundo João Neto et al. (2016), não há altera es da fun o renal de ovinos recebendo
334 palma forrageira (*Napolea cochenillifera*) em forma de farelo ou *in natura* com base nos índices
335 de excre o urinária de ureia, ácido úrico, proteínas totais e minerais. Silva (2018b) corrobora
336 com estes resultados em um estudo avaliando a fun o renal de ovinos na substitui o do feno

337 de capim-buffel por palma Orelha-de-Elefante Mexicana. A autora concluiu que não há
338 comprometimento nas alterações no perfil sanguíneo e na função renal destes animais.

339 Os valores de referência para concentração de creatinina, ureia e albumina séricos de ovinos
340 foram descritos por Kaneko (2008; Tabela 3). Silva (2018b) relatou valores de creatinina,
341 albumina e ureia na para ovinos alimentados com palma forrageira (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de referência para excreção de creatinina, ureia e albumina segundo Kaneko (2008) e para ovinos alimentados com palma Orelha de Elefante Mexicana (SILVA, 2018b)

Metabólitos	Autores	
	Kaneko (2008)	Silva (2018b)
Creatinina ($\mu\text{mol/L}^*$)	106 -168	60,78 – 67,63
Ureia ($\text{mmol/L}^\#$)	2,86 -7,14	6,97 – 8,10
Albumina ($\mu\text{mol/L}$)	347,76 - 434,70	274,09 – 300,26

342 * micromol por litro; #milimol por litro. Fonte: **elaborada pelo autor.**

343 As limitações relacionadas ao uso de marcadores bioquímicos mais comuns
344 (superestimativa da taxa de filtração glomerular, alteração tardia, interação com fatores
345 dietéticos e do indivíduo) faz com que a utilização isolada destes não seja suficiente para
346 avaliação da função e condição renal. Por outro lado, a identificação, caracterização, análise e
347 descrição das estruturas dos diversos tecidos e órgãos do organismo animal associada aos
348 biomarcadores pode agregar com maiores elucidacões para o diagnóstico preciso. Em um
349 estudo realizado por Oliveira et al. (2011), foram avaliados os efeitos do alcoolismo crônico na
350 morfologia renal de ratos através da histomorfometria, com identificação de alterações
351 morfológicas das estruturas renais. No entanto, os estudos histológicos realizados no tecido
352 renal de ovinos quando submetidos a dietas contendo diferentes genótipos de palma forrageira
353 ainda são incipientes, necessitando de maiores investigações sobre as possíveis alterações no
354 parênquima renal que esta cactácea pode provocar.

355 3. MATERIAL E MÉTODOS

356

357 3.1 Local do experimento

358 Inicialmente é necessário esclarecer que os fragmentos renais utilizados no atual estudo
359 foram obtidos, e devidamente armazenados, de um ensaio previamente conduzido vinculado ao
360 projeto “Avaliação e produção de palma forrageira resistente a cochonilha do carmim e sua
361 utilização na pecuária de ruminantes em Pernambuco”, o experimento foi realizado no setor de

362 Caprinovinocultura do Departamento de Zootecnia (DZ), da Universidade Federal Rural de
363 Pernambuco (UFRPE).

364

365 3.2 Animais, desenho experimental e tratamentos

366 As diligências no manejo dos animais foram realizadas de acordo com as diretrizes e
367 recomendações estabelecidas pelo Comitê de Ética em Uso Animal (CEUA) da UFRPE, sob o
368 número de licença (142/2018). Foram utilizados 36 ovinos Santa Inês, machos, não castrados,
369 com aproximadamente seis meses de idade e peso corporal inicial médio de 22.0 ± 2.9 kg.
370 Inicialmente todos os animais foram pesados, identificados com brincos, vacinados contra
371 clostridioses e submetidos ao controle de endo e ectoparasitas, por conseguinte alojados em
372 baias individuais, providas de comedouro e bebedouro. O período experimental foi 86 dias,
373 sendo 30 dias destinados à adaptação dos animais às condições experimentais (às instalações,
374 às dietas e ao manejo) e 56 dias para coleta de amostras e dados. Os animais foram distribuídos
375 em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e doze repetições cada.

376 Três dietas experimentais foram formuladas de acordo com as recomendações do
377 National Research Council (NRC, 2007) para atender as exigências nutricionais de ovinos com
378 peso corporal de 25 kg e ganho médio diário de 200 g (Tabela 5). As dietas eram compostas de
379 dieta basal e dietas em que parte do feno de Tifton foi substituído por um dos dois genótipos de
380 palma forrageira resistente à cochonilha do carmim (Miúda, *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck;
381 ou Orelha de Elefante Mexicana - OEM, *Opuntia stricta* Haw). O feno de tifton e os dois
382 genótipos de palma forrageiras foram utilizadas como volumoso, e concentrado composto por
383 farelo de soja (*Glycine max* L.), fubá de milho (*Zea Mays* L.), ureia pecuária e núcleo mineral;
384 assim, as dietas experimentais tinham uma relação volumoso:concentrado (60:40).

385

Tabela 4. Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg de MS) das dietas experimentais.

Ingredientes	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹
Feno de Tifton-85	600	150	150
Palma Miúda	0	450	0
Palma O.E.M. ¹	0	0	450
Fubá de milho	270	271	273
Farelo de soja	110	100	100
Ureia pecuária	5.0	14.0	12.0

Sal mineral ²	15.0	15.0	15.0
Total	1000	1000	1000

Composição química (g/kg matéria seca)

Matéria seca ³	890.8	234.8	190.3
Cinzas	76.0	95.8	104.7
Proteína bruta	142.1	141.8	143.2
Extrato etéreo	25.6	21.5	23.4
FDNcp ⁴	456.1	267.4	243.1
Carboidratos não fibrosos	300.2	473.4	485.8
Nutrientes digestíveis totais	648.2	709.8	632.7
Oxalatos totais	4.0	3.6	4.9

¹ palma Orelha de Elefante Mexicana; ² Nutrientes/kg do produto: Cálcio - 140 g; Fósforo - 70 g; Magnésio - 1320 mg; Ferro - 2200 mg; Cobalto - 140 mg; Manganês - 3690 mg; Zinco - 4700 mg; Iodo - 61 mg; Selênio - 45 mg; Enxofre - 12 g; Sódio-148 g; Flúor - 700 mg; ³ g/kg de matéria natural; ⁴ fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados.

386

387 3.3 Consumo de matéria seca, oxalatos e água via alimento

388 As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, [08:00h (60%) e 15:00h (40%)], na forma de
 389 ração mistura total (RMT) e foram ajustadas diariamente em função do consumo do dia anterior,
 390 permitindo sobras de 15% da matéria natural. A água estava sempre disponível aos animais. Os
 391 consumos de matéria seca (MS), oxalatos totais e água via alimento foram calculados mediante
 392 a diferença entre as quantidades oferecidas e sobras, tendo como base a composição química
 393 dos ingredientes utilizados nas dietas dos animais (Tabela 5).

Tabela 5. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/ kg de MS).

	Feno de Tifton	Miúda	O.E.M. ¹	Farelo de Soja	Milho Moído
Matéria Seca	895,5	123,6	97,2	882,7	877,1
Proteína Bruta	86,0	40,0	55,0	487,0	85,0
Matéria Mineral	83,9	129,4	149,0	70,3	12,3
Matéria Orgânica	916,0	870,5	850,9	929,6	987,6
Extrato Etéreo	22,6	13,8	17,8	15,0	38,3
FDNcp ²	669,4	252,7	198,0	134,5	146,7
Carboidratos Não-Fibrosos	138,0	563,9	580,0	293,0	717,6

Carboidratos Totais	807,4	816,6	778,1	427,5	864,3
---------------------	-------	-------	-------	-------	-------

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²Fibra em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteínas.

394

395 As amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram coletadas (500g na MN)
396 semanalmente durante todo o experimento. Todas as amostras de alimentos e sobras foram
397 devidamente identificadas, pesadas e armazenadas em freezer a -20 °C. Posteriormente, as
398 amostras foram analisadas para matéria seca (método 934.01), conforme descrito em AOAC
399 (1990) e oxalatos totais (MOIR, 1953).

400 O consumo de água via alimento foi estimado mediante a diferença entre o consumo de
401 matéria natural e matéria seca das dietas experimentais.

402

403 **3.5 Indicadores bioquímicos e volume urinário**

404 No 50º dia de experimento, foram coletadas amostras de sangue na veia jugular, quatro horas
405 após o fornecimento da alimentação matinal. O material coletado, em tubos Vacutainer® sem
406 anticoagulante, para a obtenção de soro. As amostras foram acondicionadas imediatamente em
407 recipiente de isopor contendo gelo reciclável. Em seguida, foram centrifugadas a 3000 × g,
408 durante 10 minutos. As alíquotas de soro foram então acondicionadas em microtubos
409 (Eppendorf®) de 2 mL, previamente identificados e foram congeladas em freezer a -20°C para
410 posteriores análises de ureia, creatinina, albumina e proteínas totais.

411 As amostras de urina foram obtidas nos mesmos dias em que foi realizada a coleta de sangue,
412 por micção espontânea dos animais, utilizando-se bolsa plástica de colostomia, sendo acoplada
413 na região prepucial por adesão com cola instantânea. As amostras de urina foram armazenadas
414 (-20°C) em microtubos (Eppendorf®) de 2 mL e posteriormente quantificadas as concentrações
415 de proteínas totais e creatinina.

416 O volume urinário foi estimado dividindo-se a excreção média diária de creatinina por
417 ovinos (23.2 mg/kg de peso corporal) (KOZLOSKI et al., 2005) pela concentração média de
418 creatinina (mg/L) na amostra spot de urina, multiplicando-se o resultado pelo respectivo peso
419 corporal do animal (CARVALHO et al., 2010). Os animais foram pesados um dia antes das
420 coletas de sangue e de urina.

421 Todas as análises sanguíneas e urinárias foram realizadas no Laboratório de Doenças
422 Nutricionais e Metabólicas do Centro de Pesquisa em Caprinos e Ovinos da Universidade
423 Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), utilizando-se kits comerciais Labtest® em analisador
424 bioquímico automatizado Labtest® (Labmax 240®).

425

426 **3.4 Colheita de fragmentos e análises**

427 Maiores detalhes sobre o procedimento de abate podem ser consultados no trabalho de Tese
428 de Lopes (2019). Em resumo, após 86 dias de confinamento, e seguidos as recomendações de
429 abate humanitário de animais (BRASIL, 2000), os animais foram insensibilizados com auxílio
430 de pistola pneumática e a sangria foi feita por secção da artéria carótida e veia jugular, após
431 este procedimento, os animais foram esfolados manualmente e os órgãos e vísceras foram
432 removidos, e os rins foram coletados e pesados em balança digital.

433 Foram recolhidos quatro fragmentos de cada rim (esquerdo e direito), de aproximadamente
434 2 cm de comprimento e espessura de 4 mm, segmentados (mediante uso de lâminas de aço
435 inoxidável) em sentido diagonal, contemplando a região cortical e medular. Os fragmentos
436 renais foram instantaneamente submersos em solução de formol a 10% tamponado com fosfato
437 de sódio (0,1M e pH 7,2).

438 Posteriormente a etapa de fixação (com duração de 48 horas), os fragmentos foram
439 destinados para a fase de desidratação em que foram submersos a uma concentração de álcool
440 etílico a 70% e, posteriormente e gradativamente, a concentrações crescentes de álcool etílico
441 atingindo a concentração de 100% e álcool etílico. Em seguida, iniciou-se a fase de diafanização
442 realizada em xilol (por duas vezes), posteriormente, os fragmentos foram submersos em
443 parafina líquida em estufa a 58 °C caracterizando a fase de impregnação do tecido e, por fim,
444 embebidos em parafina formando os blocos de parafinas. Os blocos foram seccionados em
445 micróto mo rotativo LEICA[®] Minot, ajustado para corte de 5 µm. Estes cortes foram
446 acondicionados em água banho-maria, em seguida, realocados para lâminas e preservado em
447 estufa configurada a 36 °C (com duração de 24 horas) para secagem e adesão do material à
448 lâmina, em subseqüente, as secções foram coradas por Hematoxilina-Eosina (H.E.) (HELENO
449 et al. 2011) e, por fim, foram coladas as lamínulas com Entellan[®].

450 Na avaliação tecidual foram selecionadas as regiões mais íntegras das lâminas, sem
451 artefatos. Os achados histopatológicos diagnosticados nos rins foram analisados quanto ao grau
452 de intensidade e distribuição (Quadro 1). Para a avaliação histomorfométrica, no córtex renal,
453 30 corpúsculos foram escolhidos aleatoriamente em aumento de 400X e utilizando-se o
454 software *Image J* para determinar a área do corpúsculo glomerular e do glomérulo renal, sendo
455 a área do espaço de Bowman determinada pela diferença entre os dois parâmetros anteriormente
456 citados.

Quadro 1

Categoria	Escore	Terminologia
Distribuição	0	Ausente
	1	Focal
	2	Focalmente extensa
	3	Multifocal
	4	Multifocal a coalescente
	5	Difusa
Intensidade	0	Ausente
	1	Discreta
	2	Moderada
	3	Acentuada

Escore de lesão utilizado para avaliação histopatológica dos rins de ovinos quanto ao grau de distribuição e intensidade. **Fonte:** Elaborada pelo autor.

457

458 **3.5 Análise estatística**

459 O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo usado o peso inicial dos
 460 animais como covariável. Para os dados produtivos, baseline sanguíneo, urinário e
 461 histomorfométricos foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste
 462 de Tukey, ao nível de 5% de significância. Para bioquímica sanguínea aos 45 dias foi utilizado
 463 o procedimento interativo de quadrados mínimos (LSMEANS) para calcular as médias
 464 ajustadas para os tratamentos, e suas comparações foram realizadas por meio do teste Tukey ao
 465 nível de 5% de significância. Os achados histopatológicos foram analisados por distribuição de
 466 frequência e inferência estatística, com aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis,
 467 adotando-se o nível de significância de 5%, ambos procedimentos foi com auxílio do programa
 468 estatístico SAS 9.0 (1999).

469 **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

470 O maior consumo de matéria seca (%PC/dia) foi constatado pelos animais do tratamento
 471 com a palma forrageira Miúda ($p < 0,05$), no entanto, sem diferir do tratamento O.E.M e este
 472 sem diferir estatisticamente do tratamento controle (Tabela 6). O maior CMS possivelmente
 473 está ligado a maior palatabilidade do genótipo Miúda tornando-se preferência dos cordeiros
 474 (LOPES, 2019).

475 O maior consumo de oxalatos totais (6096 mg/dia; $p < 0,05$) para os animais alimentados
 476 com palma O.E.M. está diretamente relacionado com a maior concentração deste componente
 477 na composição química da dieta experimental (tabela 5 e 6).

478 Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as concentrações séricas *baseline* de
 479 ureia, creatinina, albumina, proteínas totais dos ovinos. As concentrações séricas destes
 480 metabólitos estão dentro do intervalo considerado normal para a espécie ovina de acordo com
 481 Kaneko et al. (2008) (Tabela 6).

Tabela 6. Consumo de matéria seca, de oxalatos totais, ingestão de água, bioquímica sanguínea e volume urinário de ovinos alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira

Parâmetros	Dietas			EPM ²	Valor de P
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹		
<i>Consumo[#]</i>					
Matéria Seca (%PC/dia) ³	3,841b	4,285a	4,012ab	0,457	0,048
Consumo de Oxalatos totais (mg/dia) ⁴	4785b	4859b	6096a	0,714	0,001
<i>Concentrações séricas[#]</i>					
	<i>Baseline</i>				
Ureia (mg/dL) ⁵	46,677	40,998	43,402	0,420	0,144
Creatinina (mg/dL) ⁵	0,871	0,831	0,861	0,576	0,238
Albumina (g/dL) ⁶	2,376	2,346	2,166	0,419	0,114
Proteínas totais (g/dL) ⁶	6,560	6,851	6,923	0,430	0,109
	<i>45 dias*</i>				
Ureia (mg/dL) ⁵	80,278a	54,413ab	52,710b	0,505	0,076
Creatinina (mg/dL) ⁵	0,724	0,585	0,737	0,330	0,226
Albumina (g/dL) ⁶	2,716	2,561	2,511	0,1443	0,161
Proteínas totais (g/dL) ⁶	6,838	6,920	6,941	0,2179	0,939
<i>Ingestão de água[#]</i>					
Água via alimento (L/dia) ⁷	0,135b	6,086a	6,115a	0,991	<.001
Consumo de água – bebedouro (L/dia) ⁷	3,482a	1,305b	0,832b	0,873	<.001
Total de água (L/dia) ⁷	3,618b	7,391a	6,948a	0,950	<.001
<i>Urina[#]</i>					
Volume urinário (mL/min) ⁸	0,784b	1,409a	1,416a	0,374	<.001

¹ palma Orelha de Elefante mexicana; ²erro padrão da média; ³percentual do peso corporal por dia; ⁴miligramas por dia; ⁵miligramas por decilitro de sangue; ⁶gramas por decilitro de sangue; ⁷litros de água por dia; ⁸mililitros de urina por minuto; [#]Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância; *Médias ajustadas para tratamentos.

482

483 A bioquímica sanguínea aos 45 dias não apresentou diferença significativa entre as variáveis
 484 testadas, com exceção da variável ureia (mg/dL), no qual o tratamento Controle (80,278 mg/dL)

485 obteve maior média diferindo apenas do tratamento O.E.M. (52,719 mg/dL). A utilização da
 486 palma forrageira proporcionou um maior sincronismo de energia:proteína no ambiente ruminal
 487 destes animais, conseqüentemente, menor ureia circulante. Sabe-se que a quantificação das
 488 concentrações de ureia e creatinina não sinalizam alterações da função glomerular
 489 precocemente (HENRIQUES et al. 2016). No presente estudo as lesões acometeram o
 490 parênquima dos animais independente do tratamento experimental, no entanto, os níveis séricos
 491 destes metabolitos não se alteraram. Para Henriques et al. (2016) estes metabolitos (ureia e
 492 creatinina) alteram-se quando 3/4 do parênquima renal já se encontra comprometido.

493 O menor consumo de água via bebedouro (L/dia) entre os animais alimentados com palma
 494 Miúda e palma O.E.M. quando em comparação aos animais submetidos à dieta controle, pode
 495 ser justificado pelo maior aporte hídrico deste recurso forrageiro presente nestas dietas
 496 experimentais fazendo com que os animais diminuíssem a ingestão de água espontânea. Estes
 497 resultados corroboram com os estudos feitos por Cardoso et al. (2019), quando estudaram a
 498 inclusão de palma Miúda na dieta de ovinos.

499 Houve maior volume urinário para os animais pertencentes aos tratamentos contendo palma
 500 Miúda ou O.E.M.. Alguns autores atribuem o efeito diurético da palma forrageira a
 501 concentração de minerais como Mg e K, que comumente são utilizados na farmacologia
 502 tradicional como diuréticos (SZENTMIHÁLYI, 1998; LUCENA, 2011). Para João Neto et al.
 503 (2016) a presença de substâncias como oxalatos e minerais podem aumentar a excreção urinária,
 504 conseqüentemente, maior volume urinário. Tal comportamento está relacionado com à
 505 regulação da osmolaridade dos líquidos corporais, que é controlada pelo mecanismo renina
 506 angiotensina aldosterona que ajusta a ingestão e excreção de água livre, no qual o rim é o órgão
 507 fundamental para que ocorra a manutenção da homeostase (REECE, 2017).

508 A tabela 6 aborda a prevalência das lesões renais diagnosticadas nos rins dos ovinos que
 509 receberam as diferentes dietas experimentais, no qual as lesões que acometeram numericamente
 510 superior a 65% dos animais, independente do tratamento experimental, são: proteinose
 511 glomerular e nefrite. Os animais que receberam a dieta com palma O.E.M. não apresentaram
 512 glomerulopatia proliferativa (0,0%), degeneração tubular (0,0%) e proteinose tubular (0,0%)
 513 (Tabela 7).

Tabela 7. Frequência relativa (%) e absoluta de lesões histopatológicas nos rins de ovinos alimentados com palma forrageira

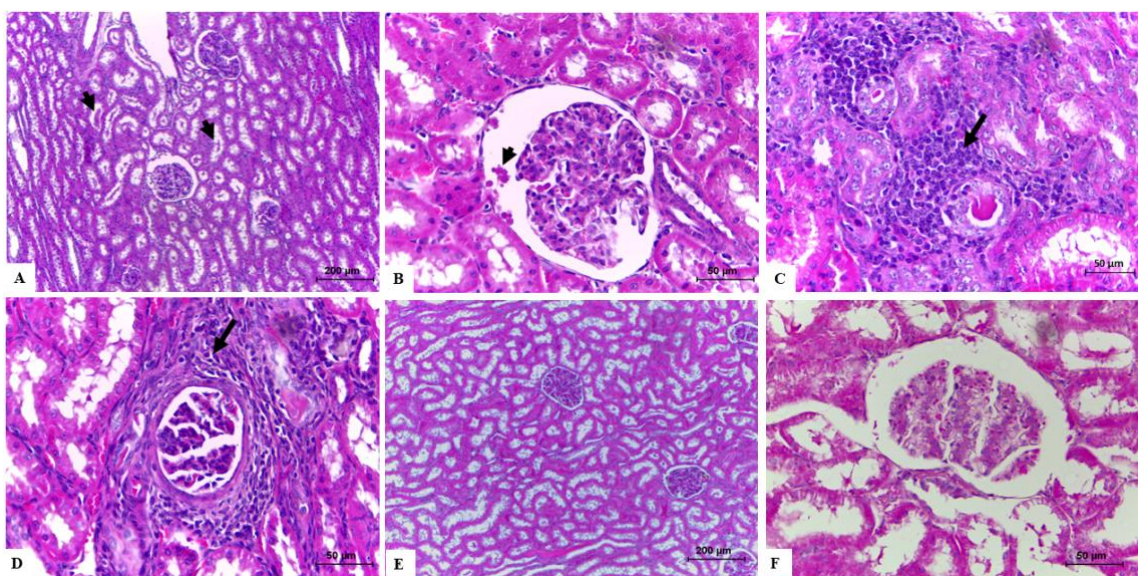
Categorias	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M.*

	<i>n</i> =6	<i>n</i> =6	<i>n</i> =6
Proteinose Glomerular	66,66 (4/6)	66,66 (4/6)	83,33(5/6)
Nefrite	100,00 (6/6)	100,00 (6/6)	83,33 (5/6)
Glomerulopatia Proliferativa	16,66 (1/6)	16,66 (1/6)	0,00 (0/6)
Degeneração tubular	33,33 (2/6)	0,00 (0/6)	0,00 (0/6)
Proteinose tubular	33,33 (2/6)	33,33 (2/6)	0,00 (0/6)

*palma Orelha de Elefante Mexicana.

514 Por outro lado, 100% dos ovinos das dietas Controle e com palma Miúda foram
 515 diagnosticados com quadro de nefrite, vale ressaltar, que os animais pertencentes de ambos os
 516 tratamentos experimentais (Controle e Miúda), demonstraram menores consumo de oxalatos
 517 totais (mg/dia; Tabela 6). É provável que o aparecimento de tal lesão inflamatória, considerada
 518 multifatorial, foi em resposta ao aparecimento de glomerulopatia proliferativa e degeneração
 519 tubular.

520 A presença de estruturas semelhantes a proteínas na luz dos túbulos caracterizando o achado
 521 de proteinose tubular foi diagnosticado em 33,33% dos ovinos que pertenciam à dieta controle
 522 e a dieta com palma Miúda. Este achado corrobora com Santarosa et al. (2016), que
 523 descreveram presença leve e moderada de proteína no tubo do lúmen em urolitíase de ovinos.
 524 Em um estudo conduzido por Barboza et al. (2019) com ovinos alimentados com palma
 525 forrageira foi observado a presença de proteína intratubular. Para Frelie et al. (1990) e Garcia-
 526 Navarro (2005) a presença de estruturas proteicas na luz tubular ocorre devido à diminuição da
 527 reabsorção tubular, indicando lesão tubular (Figura 1-A).



528

529 **Figura 1** - Fotomicrografia dos rins de ovinos alimentados com diferentes genótipos de palma
 530 forrageira. (A) e (B) Dieta contendo palma Orelha de Elefante Mexicana; (A) Presença de material
 531 eosinofílico amorfo intratubular multifocal compatíveis com cilindros proteicos (setas) que foram

532 também observados no interior do espaço de Bowman. HE, barra = 200 µm. (B) Presença de material
 533 eosinofílico múltiplo e arredondado compatível com proteína dentro do espaço de Bowman do
 534 corpúsculo renal (cabeça da seta). HE, barra = 50 µm. (C) e (D) Dieta contendo palma Miúda; (C)
 535 Infiltrado linfocitário multifocal moderado peritubular (seta). HE, barra = 50 µm. (D) Infiltrado
 536 linfocitário periglomerular com moderado espessamento da cápsula de Bowman (seta). HE, barra
 537 = 50 µm. (E) e (F) Dieta controle (sem palma forrageira); (E) Parênquima renal sem lesão aparente. HE,
 538 barra = 200 µm. (F) Glomérulo renal sem lesão aparente. HE, barra = 50 µm.

539 Os achados histopatológicos, como discutido anteriormente, que apresentaram maior
 540 prevalência (proteinose glomerular e nefrite) além das demais lesões identificadas, não
 541 diferiram significativamente entre os tratamentos experimentais (Tabela 8).

Tabela 8. Medianas da distribuição e intensidade das lesões histopatológicas nos rins de ovinos alimentados com palma forrageira

Categorias	Dietas			P valor [#]
	Controle n=6	Miúda n=6	O.E.M.* n=6	
Distribuição				
Proteinose Glomerular	3	3	3	0,8447
Nefrite	2,5	3	3	0,7324
Glomerulopatia Proliferativa	0	0	0	0,5861
Degeneração tubular	0	0	0	0,1194
Proteinose tubular	0	0	0	0,2979
Intensidade				
Proteinose Glomerular	1	1	1	0,8447
Nefrite	1	1	1	1,0000
Glomerulopatia Proliferativa	0	0	0	0,5879
Degeneração tubular	0	0	0	0,1194
Proteinose tubular	0	0	0	0,2979

*palma Orelha de Elefante Mexicana; [#]Teste Kruskal-Wallis com nível de 5% de significância.

542 Os achados lesivos de proteinose glomerular é considerado uma alteração na barreira de
 543 filtração glomerular (STOCKHAM, 2016; Figura 1-B). Para Grauer (2005) e Vaden (2011) os
 544 danos encontrados nas estruturas glomerulares estão diretamente relacionados aparecimento de
 545 doenças renal crônica. Possivelmente o aparecimento de estruturas semelhantes a proteína no
 546 glomerulo renal ou espaço de Bowman está relacionado com o consumo de alimentos que tenha
 547 na sua composição química a presença de fatores antinutricionais, por exemplo, oxalato. Em
 548 estudo realizado por Convento et al. (2017) com camundongos investigando as alterações das

549 células epiteliais tubulares proximais utilizando cristais de oxalato de cálcio e oxalato,
550 observaram dano tubular induzido, contribuindo com alterações hemodinâmicas diminuindo a
551 filtração glomerular.

552 Resultados encontrados no presente estudo corroboram com as afirmações de Burton e
553 Walls (1996) e Thomas et al. (1999) que a presença de estruturas semelhantes a proteína possui
554 papel relevante no aparecimento do infiltrado inflamatório, ou seja, de nefrite. Os achados
555 inflamatórios no parênquima renal (nefrite) foram encontrados em todos os tratamentos no
556 presente estudo (Figura 1- C, D), este processo inflamatório para Khan et al. (2006) está ligado
557 a deposição renal de cristais de cálcio (CaOx) ou hiperoxalúria na região intersticial. O que não
558 foi encontrado no presente estudo, mesmo que as dietas experimentais apresentassem em sua
559 composição química a presença de oxalatos totais. Para Viegi et al. (2003) algumas plantas
560 estão sendo utilizadas como efeito diuréticos, pois diminuem a formação de cálculos urinários,
561 bem como na dissolvem cálculos pré-formados, no qual, a palma forrageira possui essa
562 característica de provocar aumento do volume urinário.

563 O tratamento O.E.M. demonstrou maior consumo de oxalato, anteriormente discutido, mas
564 não implicou em maiores e mais intensas lesões nos rins destes animais nos achados
565 histopatológicos renais (Tabela 8). As lesões microscópicas no atual estudo foram de
566 distribuição multifocal, mas de intensidade leve, ao contrário dos achados histopatológicos por
567 Witzel et al. (1977) trabalhando com ovelhas que diagnosticou lesões renais extensas, graves e
568 distintas, talvez específicas o suficiente para um quadro de envenenamento por *H. odorata*. Em
569 estudo realizado por Lucena et al. (2018) ao investigarem a resposta de dietas contendo palma
570 forrageira fresca ou desidratada sobre o tecido renal de ovinos encontraram achados
571 histopatológicos de lesões glomerulares (atrofia), nefrose, acúmulo de restos celulares,
572 calcificação distrófica intratubular e intersticial, mas que não foram lesões renais marcantes.

573 O predomínio de infiltrados inflamatórios constatados nos rins dos ovinos alimentados com
574 variedades de palma forrageira no atual estudo pode configurar um achado histopatológico que
575 diminui a eficiência de função renal, podendo, desse modo, afetar o volume das estruturas dos
576 néfrons (Tabela 9). A morfometria foi realizada nas estruturas renais, mais precisamente, nas
577 estruturas que compõem o néfron, sendo elas: corpúsculo renal, glomérulo renal e capsula de
578 Bowman (Tabela 9) apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos experimentais.
579 Foi observado que animais que receberam a dieta contendo palma forrageira Miúda obtiveram
580 maiores áreas de corpúsculo e glomérulo renal. E maior área ($p < 0,05$) de Espaço de Bowman
581 foi observado nos animais que receberam a dieta contendo palma O.E.M..

582 Estes resultados estão possivelmente relacionados ao maior aporte hídrico advindo das
 583 dietas contendo palma forrageira, ocasionando um aumento no mecanismo de regulagem do
 584 volume de água do corpo (REECE, 2004), gerando um aumento no volume urinário como já
 585 discutido anteriormente. Diante disso, houve uma adaptação do organismo (considerando as
 586 possíveis limitações causadas pelos achados histopatológicos) nas estruturas renais e,
 587 conseqüentemente, alterou o volume das estruturas destes animais (Tabela 9). Para Jennette e
 588 Schwartz (2007) diante de uma possível redução da funcionalidade renal, os mecanismos de
 589 hipertrofia compensatória e hiperfunção dos néfrons surgem como forma de adaptação.
 590

Tabela 9. Morfometria dos corpúsculos renais de ovinos alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira

Área (μm^2)*	Dietas			EPM ²	Valor de P
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹		
Corpúsculo renal	13881,344b	15141,091a	14507,606ab	187,14	0,016
Glomérulo renal	8506,581b	9423,559a	8572,244ab	141,35	<.001
Espaço de Bowman	5375,436b	5713,300ab	5935,800a	91,49	0,021

¹palma Orelha de Elefante mexicana; ²erro padrão da média; *micrometros quadrados; Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

591 O espaço de Bowman, resultante da diferença entre as duas primeiras áreas da tabela 9,
 592 resultou em maior área ($p < 0,05$) para o tratamento que o O.E.M., diferindo do tratamento
 593 controle, mas não diferiu do tratamento Miúda. Para Usman (2018), avaliando alterações renais
 594 em ovinos alimentados com diferentes cultivares de palma forrageira encontrou resultados
 595 diferentes dos registrados no presente estudo, pois o autor não observou diferenças volumétricas
 596 significativas nos diferentes tratamentos experimentais. O fato de existir poucos trabalhos na
 597 literatura sobre essas alterações não permite se ter um padrão referencial para o tamanho da
 598 área das estruturas renais (corpúsculo renal, glomérulo renal e espaço de Bowman) avaliadas
 599 no presente estudo, sinalizando a necessidade de mais dados para estabelecer valores referência.

600 Diante do exposto e discutido anteriormente, as lesões acometeram os animais pertencentes
 601 a todos os tratamentos, mas as lesões encontradas não diferiram significativamente e não
 602 influenciaram o ganho de peso dos animais encontrado em um estudo realizado por Lopes
 603 (2019) associado ao presente estudo.

604 Ressalta-se que são restritas as pesquisas que avaliam o efeito da utilização de diferentes
 605 genótipos de palma forrageira sobre o tecido renal de ovinos. Assim, destaca-se que mais
 606 estudos devam ser conduzidos para avaliar os efeitos deste importante recurso forrageiro,

607 sobretudo para regiões semiáridas, sobre o funcionamento renal. Acrescentado a isto, para
608 futuras investigações é de grande importância o aumento do tempo experimental (maior tempo
609 de fornecimento das dietas contendo palma forrageira), a biopsia baseline do tecido renal,
610 quantificação dos compostos secundários e mensuração dos seus respectivos consumos pelos
611 animais.

612 **5. CONCLUSÃO**

613 Conclui-se que as lesões encontradas nos rins dos ovinos alimentados com dietas contendo
614 palma Miúda ou Orelha de Elefante Mexicana não foram marcantes e pode-se utilizar por 86
615 dias sem afetar o ganho de peso dos animais.

616 **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

617 AGUILAR, V.V. 2015. Calcium availability in specific foods: milk and dairy products,
618 legumes, vegetables, cereals, baked goods and cooked meals. In: PREEDY, V. **Calcium:**
619 **chemistry, analysis, function and effects**. London: Royal Society of Chemistry, 2015. 650p.

620 AJILA, C. M.; LEELAVATHI, K.; RAO, U. J. S. P. Improvement of dietary fiber content and
621 antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder.
622 **Journal of Cereal Science**, v. 48, p. 319-326, 2008.
623 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2007.10.001>

624 AMORIM, P. L. et al. Morphological and productive characterization of forage cactus varieties.
625 **Revista Caatinga**, v.28, p.230–238. 2015.

626 ARAUJO, É. D. O.; SANTOS, E. F.; CAMACHO, M. A. Absorção de cálcio e magnésio pelo
627 algodoeiro cultivado sob diferentes concentrações de boro e zinco. **Revista Brasileira de**
628 **Ciências Agrárias**, v.8, 2013.

629 ARAÚJO, P. B. et al. Urinálise como instrumento auxiliar no diagnóstico de enfermidades em
630 pequenos ruminantes. **Medicina Veterinária**, v.3, p.30-38, 2009.

631 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of**
632 **analysis**, 15. Arlington: AOAC, 1990.

633 BALLANTYNE, B. Toxicology of cyanides. In: BALLANTYNE, B.; MARRS, T. C. **Clinical**
634 **and experimental toxicology of cyanides**. Bristol:Wright, p.3126-3127, 1987.

- 635 BARBOSA, M.A. et al. Produtividade de variedades de palma forrageira cultivadas com
636 diferentes tipos de adubos em Planossolo Nátrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE
637 CIÊNCIA DO SOLO, 35, Natal. **Anais**. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- 638 BARBOZA, S.C.R. et al. Ovines submitted to diets containing cassava foliage hay and spineless
639 cactus forage: histological changes in the digestive and renal systems. **Tropical Animal Health
640 and Production**, v. 51, n. 6, p. 1689-1697, 2019.
- 641 BARROS, L. J. A. et al. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-
642 weaned heifers diets. **Tropical Animal Health and Production**, v.50, p.149-154, 2018.
- 643 BATISTA, Â. M. V. et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus
644 grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v.62, p. 297-301, 2009.
- 645 BATISTA, Â. M. V.; CARVALHO, F. F. R.; ROCHA FILHO, R. R. A palma forrageira na
646 alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
647 PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 2, Itapetinga. **Anais**. Itapetinga: Universidade Estadual do
648 Sudoeste da Bahia, 2013.
- 649 BELCHER, J. M.; EDELSTEIN, C. L.; PARIKH, C. R. Clinical applications of biomarkers for
650 acute kidney injury. **American Journal of Kidney Disease**, v.57, p.930-940, 2011. DOI:
651 <https://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2010.11.032>.
- 652 BELKNAP, E.B., PUGH, D.G. Diseases of the urinary system. In: PUGH, D. G. **Sheep & goat
653 medicine**. Philadelphia: Saunders, 2002.
- 654 BELLOMO, R.; KELLUM, J. A.; RONCO, C. Acute kidney injury. **Lancet**, v.330, p.756-766,
655 2012. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61454-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61454-2).
- 656 BEN SALEM, H.; ABIDI, S. Recent advances on the potential use of *Opuntia* spp. in livestock
657 feeding. **Acta Horticulturae**, v.811, p.317-326, 2009.
- 658 BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; BEN SALEM, L. Spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f.
659 *inermis*) and oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) as alternative supplements for growing
660 Barbarine lambs given straw-based diets. **Small Ruminant Research**, v.51, p.65–73, 2004.
- 661 BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal:
662 Funep, 2006.

- 663 BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W.; HEAD, T. A. The effects of oxalate in tropical grasses
664 on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. **Journal of Agriculture Science**,
665 v.99, p. 533-539, 1982.
- 666 BRASIL, 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Secretaria
667 da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal
668 (DIPOA). Divisão de Normas Técnicas. Instrução Normativa n. 3, de 17 de janeiro de 2000.
669 Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de
670 Animais de Açougue. Lex: Diário Oficial da União de 24 de janeiro de 2000, Seção 1,14–16
671 (Brasília).
- 672 BRAUN, J. P.; LEFEBVRE, H. P.; WATSON, A. D. J. Creatinine in the dog: a review.
673 **Veterinary Clinical Pathology**, v.32, p.162-179, 2003. DOI: [http://](http://dx.doi.org/10.1111/j.1939-165X.2003.tb00332.x)
674 dx.doi.org/10.1111/j.1939-165X.2003.tb00332.x.
- 675 BURTON, C.J.; WALLS, J. Interstitial inflammation and scarring: messages from the proximal
676 tubular cell. **Nephrol Dial Transplant**, v. 11, p.1505-1023, 1996.
- 677 CÂMARA, A. C. L.; DALCIN, L.; SOTO-BLANCO, B. Patogênese, sinais clínicos e
678 epidemiologia das intoxicações por plantas cianogênicas no Nordeste brasileiro. **Ciências**
679 **Agrárias**, v.35, n.4, p.1961-1972, 2014.
- 680 CAMPOS, R. et al. Determinação de corpos cetônicos na urina como ferramenta para
681 o diagnóstico rápido de cetose subclínica bovina e relação com a composição do leite. **Archives**
682 **of Veterinary Science**, v.10, p.49-54, 2005.
- 683 CARDOSO, D. B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm
684 Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science Technology**, v.247, p.23-31, 2019. DOI:
685 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.10.016>.
- 686 CARLTON, W. W.; MCGAVIN, M. D. **Patologia veterinária Especial de Thomson**. 2. ed.
687 São Paulo: Artmed, 1998.
- 688 CARVALHO, G. G. P. et al. Balanço de nitrogênio, concentrações de ureia e síntese de proteína
689 microbiana em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de
690 cálcio. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 39, p. 2253-2261, 2010.

- 691 CASTRO, A. S.; CAVALCANTE, A. M. B. **Flores da Caatinga**. Campina Grande: Instituto
692 Nacional do Semiárido (INSA), 2011. 116p.
- 693 CASTRO, L. T. S. et al. Biomarcadores no diagnóstico precoce da injúria renal aguda.
694 **Enciclopédia Biosfera**, v.13, p.216, 2016.
- 695 COE, F.L.; EVAN, A.; WORCESTER, E. Kidney stone disease. **Journal of Clinical**
696 **Investigation**, v.115, p.2598–2608, 2005.
- 697 CONCEIÇÃO, M. G.; FERREIRA, M. A.; SILVA, J. L.; COSTA, C. T. F.; CHAGAS, J. C.
698 C.; MONTEIRO, C. C. F. Can cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) cladodes plus urea replace
699 wheat bran in steers' diet? **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, p.1627-
700 1634, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0927>.
- 701 CONVENTO, M. B. et al. Calcium oxalate crystals and oxalate induce an epithelial-to-
702 mesenchymal transition in the proximal tubular epithelial cells: contribution to oxalate kidney
703 injury. **Scientific Reports**, v.7, 2017. DOI: <https://doi.org/doi:10.1038/srep45740>
- 704 COSTA, R. G. et al. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on
705 the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v.102, p.13–17, 2012. DOI:
706 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.012>.
- 707 CYMBALUK, N. F.; MILLAR, J. O.; CHISTENSEN, O. A. Oxalate concentration in feeds
708 and its metabolism by ponies. **Canadian Journal of Animal Science**, v.66, p. 1107-1116,
709 1986.
- 710 DE LOOR, J. et al. Urinary biomarkers for acute kidney injury in dogs. **Journal of Veterinary**
711 **Internal Medicine**, v.27, p.998-1010, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jvim.12155>.
- 712 DESSIMONI, G. V.; BATISTA, Â. G.; BARBOSA, C. D. Composição bromatológica, mineral
713 e fatores antinutricionais da palma forrageira. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.8, n.3,
714 p. 51-55, 2014.
- 715 EL-KHODERY, S. et al. Hypocalcaemia in Ossimi sheep associated with feeding on beet tops
716 (*Beta vulgaris*). **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.32, p.199-205, 2008.

- 717 EVAN, A. P. Physiopathology and etiology of stone formation in the kidney and the urinary
718 tract. **Pediatric Nephrology**, v.25, p.831–841, 2010. DOI: [https://doi.org/10.1007/s00467-009-](https://doi.org/10.1007/s00467-009-1116-y)
719 1116-y.
- 720 FREEMAN, S.R. et al. Influence of calcium (0.6 or 1.2%) and phosphorus (0.3 or 0.6%) content
721 and ratio on the formation of urolithogenic compounds in the urine of Boer-cross goats fed high
722 concentrate diets. **Small Ruminant Research**, v.93, p.94–102, 2010.
- 723 FRELIER, P.F.; ARMSTRONG, D.L.; PRITCHARD, J. Ovine mesangiocapillary
724 glomerulonephritis type and crescent formation. **Veterinary Pathology**. v. 34, p. 26-34, 1990.
- 725 FRUTOS, P.; et al. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in
726 northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. **Animal Feed**
727 **Science and Technology**, v. 95, p. 215-226, 2002.
- 728 GALATI, E. M. et al. Biological effect of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae) waste
729 matter Note I: diuretic activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v.79, p.17-21, 2002.
- 730 GARCIA-NAVARRO, C. E. K. **Manual de urinálise veterinária**. São Paulo: Varela, 2005.
- 731 GERMANO, R. H. et al. Avaliação da composição química e mineral de cactáceas no semiárido
732 Paraibano. **Agropecuária Técnica**, v.20, p. 51-57, 1999.
- 733 GONZÁLEZ, F. H. D. **Uso de provas de campo e laboratório clínico em doenças**
734 **metabólicas e ruminais dos bovinos**. Disponível em:
735 <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/26658>>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- 736 GRAUER, G. F. Early detection of renal damage and disease in dogs and cats. **Veterinary**
737 **Clinics of North America: Small Animal Practice**, Philadelphia; v. 35, p. 581-596, 2005.
- 738 HAIG, P. A. et al. Effects of dietary protein solubility on nitrogen losses from lactating dairy
739 cows and comparison with predictions from the Cornell Net Carbohydrate and Protein System.
740 **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1208–1217, 2002.
- 741 HELENO, A. R. et al. Biometry, histology, and morphometry of the digestive system of wild
742 crab-eating fox (*Cerdocyon thous*). **Biotemas**, v.24, p.111–119, 2011.

- 743 HENRIQUES, L. C. S. et al. Avaliação dos fatores etários sobre a função renal de ovelhas Santa
744 Inês. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.36, p.642–646, 2016. DOI:
745 <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000700014>.
- 746 HOVDA, K. E. et al. Renal toxicity of ethylene glycol results from internalization of calcium
747 oxalate crystals by proximal tubule cells. **Toxicology Letters**, v.192, p.365-372, 2010.
- 748 HSU, W. L. et al. Neutrophil gelatinase-associated lipocalin in dogs with naturally occurring
749 renal diseases. **Journal of Veterinary Internal Medicine [Lawrence]**, v.28, p.437-442, 2014.
750 DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jvim.12288>.
- 751 JANIQUES, A. G. P. R. et al. Phenolic compounds: possible applicability in chronic kidney
752 disease. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 38, p. 322-337, 2013.
- 753 JENNETTE, J.; SCHWARTS, M. Primer on the Pathologic Classification and Diagnosis of
754 Kidney Disease. In: JENNETTE JC, OLSON JL, SCHWARTZ MM, S. F. (Ed.). **Heptinstall's**
755 **Pathology of the Kidney**. 6a ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2007. p. 97–
756 124.
- 757 JOÃO NETO, P.; SOARES, P. C.; BATISTA, Â. M. V; ANDRADE, S. F. J.; ANDRADE, R.
758 P. X.; LUCENA, R. B.; GUIM, A. 2016. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em
759 ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa**
760 **Veterinaria Brasileira**, v.36, p.322–328, 2016.
- 761 JUSTICE, K. E. Oxalate digestibility in *Neotoma albigula* and *Neotoma mexicana*. **Oecologia**,
762 v.67, p. 231-234, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00384290>.
- 763 KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. **Clinical biochemistry of domestic animals**.
764 6th ed. New York: Academic Press, 2008.
- 765 KEPKA, A. et al. Utility of urinary biomarkers in kidney transplant function assessemnet. In:
766 RATH, T. **Current issues and future direction in kidney transplantation**. [S.I.]:InTeach;
767 p.490, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/54746>
- 768 KHAN, S. R.; PEARLE, M. S.; ROBERTSON, W. G.; GAMBARO, G.; CANALES, B. K.;
769 DOIZI, S.; TRAXER, O.; TISELIUS, H. G. Kidney stones. **Nature Reviews Disease Primers**
770 **2**, 16008, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.8>.

- 771 KHAN, S.R.; GLENTON, P.A.; BYER, K.J. Modeling of hyperoxaluric calcium oxalate
772 nephrolithiasis: experimental induction of hyperoxaluria by hydroxy-L-proline. **Kidney**
773 **International**. v.70, p.914-923, 2006.
- 774 KLEIN, B. K. **Tratado de fisiologia veterinária**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- 775 KNIGHT, A. P.; WALTER, R. G. Plants Causing Kidney Failure. In: **A guide to plant**
776 **poisoning of animals in north America**. Jackson: Teton NewMedia, 2003.
- 777 KONIG, H. E.; LIEBICH, H. G. **Anatomia dos animais domésticos**. 4.ed. Porto Alegre:
778 Aritmed, 2012.
- 779 KOZLOSKI, G. V.; FIORENTINI, G.; HÄRTER, J. C.; SANCHEZ, L. M. B. Uso da creatinina
780 como indicador da excreção urinária em ovinos. **Ciência Rural**,v. 35, p. 98-102, 2005.
- 781 LAMB, G. C. et al. Effect of organic or inorganic trace mineral supplementation on follicular
782 response, ovulation, and embryo production in superovulated Angus heifers. **Animal**
783 **Reproduction Science**, v.106, p.221-231, 2008.
- 784 LIMA, C. L. **Parâmetros ruminais em ovinos alimentados com palma orelha de elefante**
785 **mexicana em substituição à silagem de sorgo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)
786 – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco,
787 Recife.
- 788 LOPES, L. A. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v.13, p.1-10,
789 2019.
- 790 LOPES, L.A. et al. Replacement of tifton hay with alfalfa hay in diets containing spineless
791 cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) for dairy goats. **Small Ruminant Research**, v.156,
792 p.7–11, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.006>
- 793 LOPES, L.A. **Palma forrageira resistente à cochonilha do carmim na alimentação de**
794 **ovinos em crescimento**. 2019. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação
795 em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- 796 LUCENA, R. B. et al. Histopatologia dos rins de ovinos alimentados com palma forrageira
797 (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in natura e desidratada. **Pesquisa Veterinária Brasileira**,
798 v.38, p. 408-410, 2018.
- 799 LUCENA, R. B. **Utilização da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) nas**
800 **formas in natura e desidratada: consumo, digestibilidade, balanço hídrico e absorção dos**
801 **minerais em ovinos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-
802 Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 803 MACIEL, T. A. et al. Avaliação dos perfis minerais séricos, urinários e sedimentares de ovinos
804 recebendo dieta calculogênica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**,
805 v.68, p.967-976, 2016.
- 806 MAKKAR, H. P. S. Effects, and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and
807 strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant**
808 **Research**, v.49, p.241-256, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00142-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00142-1)
- 809 MATTOS, L. M. E. et al. Associação da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) com
810 diferentes fontes de fibra na alimentação de vacas 5/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista**
811 **Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2128-2134, 2000.
- 812 MCKENZIE, R. A.; SCHULTZ, K. Confirmation of the presence of calcium oxalate crystals
813 in some tropical grasses. **The Journal of Agricultural Science**, v.100, p.249–250, 1983.
- 814 MEDEIROS, F. F.; SILVA, A. M. A.; CARNEIRO, H.; ARAÚJO, D. R. C.; MORAIS, R. K.
815 O.; MOREIRA, M. N.; BEZERRA, L. R. Fontes proteicas alternativas oriundas da cadeia
816 produtiva do biodiesel para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
817 **Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.2, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-7703>.
- 818 MEDEIROS, S. R. de; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte:**
819 **fundamentos e aplicações**. Brasília: Embrapa, 2015.
- 820 MOIR, K. W. The determination of oxalic acid in plants. **Queensland Journal of Agricultural**
821 **and Animal Sciences**, v.10, p.1–3, 1953.
- 822 MONTEIRO, C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with
823 *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v.59, p.479-485, 2019.

- 824 MONTEIRO, C. C. F. **Substituição de palma miúda por palma Orelha de Elefante**
825 **mexicana para vacas em lactação**. 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de
826 Doutorado Integrado em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade
827 Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba, Recife.
- 828 NASCIMENTO, K. S. et al. Macrominerais de genótipos de palma forrageira submetidos a
829 períodos de armazenamento pós-colheita. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE
830 BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 55., Goiânia. **Anais**. Goiânia: Sociedade Brasileira de
831 Zootecnia, 2018.
- 832 NAZARENO, M. A. Nutritional properties and medicinal derivatives of fruits and cladodes.
833 In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL CAM CROPS
834 FOR A HOTTER AND DRIER WORLD, 9. **Anais**. Coquimbo, 2017.
- 835 NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed.
836 Washington D.C.: National Academy Press, 2001.
- 837 NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**.
838 Washington D.C.: National Academy Press, 2007.
- 839 OLIVEIRA, J. P. F. et al. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement
840 for sugarcane. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, p.529-536, 2018.
- 841 OLIVEIRA, J.F.F. et al. Metabólitos secundários presentes na palma forrageira: benefícios e
842 potencialidades. **Research, Society and Development**, v.10, p.1-16, 2021.
- 843 OLIVEIRA, W. A. S. et al. Efeitos do alcoolismo crônico na morfologia renal de ratos. **Revista**
844 **Brasileira de Clínica Médica**, v.9, 2011.
- 845 OLSEN, C. Absorption of calcium and formation of oxalic acid in higher green plants. **C. R.**
846 **Lab. Carlsberg (Ser. Chim)**, v.23, p.101-124, 1939.
- 847 PADILHA, K. G. et al. Patient's organ dysfunction in the Intensive Care Unit according to the
848 Logistic Organ Dysfunction System. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v.43, sp. 2,
849 p.1205-5, 2011.

- 850 Panel of Climate Change. Painel intergovernamental sobre mudança climática. **IV Relatório**
851 **do IPCC/ONU**. Mudança climática 1007: a base da ciência física. Novos cenários climáticos.
852 Paris: IPCC/ONU, 2007.
- 853 PAULINO, R. S. **Manejo de utilização da palma forrageira sobre a qualidade**
854 **microbiológica, desempenho e distúrbios nutricionais em ovinos**. 2019. Dissertação
855 (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal
856 da Paraíba, Areia.
- 857 PETROVIC, A. et al. In Vitro Cell Culture Models of Hyperoxaluric States: Calcium Oxalate
858 and Renal Epithelial Cell Interactions. **Crystals**, v.11, p.735-743, 2021.
- 859 RAHMAN, M. M.; ABDULLAH, R. B.; WAN KHADIJAH, W. E. A review of oxalate
860 poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects. **Journal of Animal**
861 **Physiology and Animal Nutrition**, v.97, p.605-614, 2013.
- 862 RAMOS, J. P. de F. et al. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes
863 espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v.24, p. 41-48, 2011.
- 864 RAVEN, J. A.; SMITH, F. A. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in
865 relation to intracellular pH regulation. **New Phytologist**, v.76, p.415-431, 1976.
- 866 RAVEN, J. A.; SMITH, F. A. Significance of hydrogen ion transport in plant cells. **Canadian**
867 **Journal of Botany**, v.52, p.1035-1048, 1974.
- 868 REECE W.O. **Dukes' physiology of domestic animals**. 12 ed. Ithaca: Cornell University Press,
869 2004. p.999.
- 870 REECE, W. O. Filtração glomerular e transporte tubular. In: REECE, W.O. **Dukes: fisiologia**
871 **dos animais domésticos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. 1594 p.
- 872 REECE, W.O. Função renal nos mamíferos. In: REECE, W. O. **Fisiologia dos animais**
873 **domésticos**. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p.68-96.
- 874 REKIK, M. et al. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-*
875 *indica f. inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: effects on mammary secretions,

- 876 blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. **Small Ruminant Research**,
877 v.90, p.53–57, 2010.
- 878 RIET-CORREA, F.; SIMÕES, S. V. D.; VASCONCELOS, J. S. Urolitíase em caprinos e
879 ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.28, p.319-322, 2008.
- 880 ROCHA, J. E. S. **Documentos 106**: Palma forrageira no Nordeste do Brasil - estado da arte.
881 Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2012.
- 882 ROWLANDS, G. J. Metabolites in the blood of beef and dairy cattle. **World Review of**
883 **Nutrition and Dietetics**, v.35, p.172-235, 1980.
- 884 SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome
885 distribution in tropical South America. **Geophysical Research Letters**, v.34, 2007.
- 886 SALUNKHE, D.K., CHAVAN, J.K., KADAM, S.S. **Dietary tannins: consequences and**
887 **remedies**. Boca Raton: CRC Press, 1990. 200p.
- 888 SANTAROSA, B.P. et al. Avaliação clínica, laboratorial e anatomopatológica do sistema
889 urinário de ovinos confinados com ou sem suplementação de cloreto de amônio. **Pesquisa**
890 **Veterinária Brasileira**. v. 36, p. 1–12, 2016.
- 891 SANTOS, D. C. **Estimativas de parâmetros genéticos em caracteres de clones de palma**
892 **forrageira *Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck**. 1992. Dissertação
893 (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 894 SANTOS, K. L. L. **Balço de minerais e função renal em caprinos recebendo dietas a base**
895 **de palma forrageira e diferentes níveis de casca de soja**. 2008. Dissertação (Mestrado em
896 Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de
897 Pernambuco, Recife.
- 898 SANTOS, K.L.L. et al. Balço de macrominerais em caprinos alimentados com palma
899 forrageira e casca de soja. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, p.546-559,
900 2009.
- 901 SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE INC. **User's Guide, Version 9.0**.
902 Cary: SAS Institute Inc., 1999.

- 903 SAVAGE, G. P. et al. Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalate content of some
904 New Zealand foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.13, p.201–206, 2000.
- 905 SCUDELLER, P. S. de O. **estudo das correlações entre lesões ósseas podais diagnosticadas**
906 **pela radiografia com o peso vivo, circunferência torácica, densidade óssea (determinada**
907 **por densitometria óptica radiográfica) concentrações séricas de Ca, P, Mg, Mn, Zn,**
908 **fosfatase alcalina, proteínas plasmáticas totais, globulina, creatina quinase, gama**
909 **glutamiltransferase, albumina, aspartato-aminotransferase, osteocalcina, pH do rúmen e**
910 **hemograma, em bovinos fêmeas da raça Nelore, sem sintomas clínicos de doença podal.**
911 2004. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade
912 de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu.
- 913 SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and
914 spices: antioxidant activity and health effects – a review. **Journal of Functional Foods**,
915 p.18820-897, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>.
- 916 SILVA, A. L. L. et al. Avaliação da atividade antibacteriana, citotóxica e antioxidante da
917 espécie vegetal *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**,
918 v.18, p.307-315, 2016.
- 919 SILVA, D. D. da. **Composição mineral e bromatológica de genótipos de palma forrageira**
920 **dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos.** 2019. Dissertação
921 (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal
922 da Paraíba, Areia.
- 923 SILVA, D.V. et al. Agroecologia e convivência com o semiárido brasileiro: uma análise
924 preliminar. **Diversitas Journal**, v.3, p. 76-84, 2018.
- 925 SILVA, J. A. da; et al. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes
926 espaçamentos e adubações químicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.866-
927 875, 2012.
- 928 SILVA, M. R. **Concentração de minerais na palma forrageira e suas implicações no**
929 **metabolismo de ruminantes: revisão de literatura.** 2018a. Trabalho de Conclusão de Curso
930 (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
931 Zootecnia, Recife.

- 932 SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. D. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de**
933 **Nutrição**, p.1221-1132, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1415-5273199900010000>
- 934 SILVA, M.P. **Balanço de macrominerais, função renal e metabólitos sanguíneos em ovinos**
935 **alimentados com palma Orelha-de-Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw).** 2018b.
936 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
937 Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- 938 SILVA, R. C. et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless
939 cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Sciences**,
940 v.48, p.516–525, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i3.12>.
- 941 SILVA, T. G. P. **Alterações metabólicas e histológicas em caprinos e ovinos alimentados**
942 **com dietas contendo palma forrageira.** 2020. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de
943 Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 944 SILVA, T. G. P. et al. Cactus cladodes cause intestinal damage, but improve sheep
945 performance. **Tropical Animal Health and Production**, v.53, 281, 2021. DOI:
946 <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-021-02731-1>.
- 947 SILVA, T. S. et al. Water intake and ingestive behavior of sheep fed diets based on silages of
948 cactus pear and tropical forages. **Tropical Animal Health and Production**, v.53, p. 244-251,
949 2021.
- 950 SIMÕES, D. A.; SANTOS, D. C. dos; DIAS, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil.
951 IN: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Ed.). **A palma no Nordeste**
952 **do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** 2005. Recife: Ed. Universitária
953 da UFPE, 2005. p. 13-26.
- 954 SIQUEIRA, M. C. B. et al. Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed
955 spineless cactus. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.20, p.13-22, 2018.
- 956 SIQUEIRA, M.C.B. et al. Optimizing the use of forage cactus in the diet of cattle: total and
957 partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Animal Feed Science and**
958 **Technology**, v.226, p.56-64, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.006>.

- 959 SIROTA J.C.; KLEWITTER J.; EDELSTEIN C. Biomarkers of acute kidney injury. **Journal**
960 **of Toxicology**, v.2011, p.1-10, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2011/328120>.
- 961 SMITH, M.C.; SHERMAN, D.M. **Goat medicine**. Baltimore: Lippincott Willians and Wilkins,
962 1994.
- 963 SODRÉ, F. L. et al. Avaliação da função e da lesão renal: um desafio laboratorial. **Jornal**
964 **Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v.43, p.329-337, 2007.
- 965 SOUZA, T. C. et al. Produtividade e concentração de nutrientes na palma miúda sob diferentes
966 adubações e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.555-560,
967 2017. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5473>.
- 968 STOCKHAM, S.L. **Fundamentos de patologia clínica veterinária**. 2 ed. Rio de Janeiro:
969 Guanabara Koogan, 2016.
- 970 SUN, X. Y. et al. Size-dependent toxicity and interactions of calcium oxalate dihydrate crystals
971 on Vero renal epithelial cells. **Journal of Materials Chemistry B**, v.3, p.1864-1878, 2015.
- 972 SZENTMIHÁLYI K. et al. Potassium-sodium ratio for the characterization of medicinal plant
973 extrate with diuretic activity. **Phytotherapy Research**.v.12, p.163-166, 1998.
- 974 TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- 975 TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p.858, 2017.
- 976 TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K. J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia*
977 *ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant**
978 **Research**, v.72, p.157–164, 2007.
- 979 TEIXEIRA, R. L. P. et al. Mudanças climáticas, capacidade adaptativa e sustentabilidade:
980 reflexões a partir das cidades da região semiárida brasileira. **GEOTemas**, v.11, 2021.
- 981 THOMAS, M.E. et al. Proteinuria induces tubular cell turnover: a potencial mechanisms for
982 tubular atrophy. **Kidney International**, v.55, p.890-898, 1999.
- 983 TOMAS, F. M.; JONES, G. B.; POTTER, B. J. Influence of saline drinking water on mineral
984 balances in sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, p.377-386, 1973.

- 985 TRIF, A.; PARVU, D.; CURTUI, V. The dynamic of methaemoglobin in sheep in correlation
986 with the level of nitrate and nitrite intake. **Lucrări Științifice Medicină Veterinară, XXVII,**
987 p.100–104, 1993.
- 988 TRUEMAN; N. A.; STACY, B. D. Ovine urolithiasis: some mineralogic and physiologic
989 observations. **Investigative Urology**, v.4, p.185-191, 1969.
- 990 UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. 3.ed. London: CAB
991 International, 1999.
- 992 USMAN, U. A. **Alterações renais de ovinos submetidos a diferentes tipos de dieta a base**
993 **de palma forrageira**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biociência Animal) - Programa de Pós-
994 Graduação em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 995 VADEN, S. L. Glomerular Disease. **Topics in Companion Animal Medicine**, v. 26, p. 128–
996 134, 2011.
- 997 VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A. **Exigências**
998 **nutricionais de zebuínos e tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**.
999 Viçosa: Suprema, 2006.
- 1000 VASCONCELOS, A.G.V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-
1001 do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.827–831, 2009.
- 1002 VERLANDER, J. W. Fisiologia e metabolismo gastrointestinal. In: KLEIN, B. G. **Tratado de**
1003 **Fisiologia Veterinária**. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2014.
- 1004 VERLANDER, J. W. Fisiologia Renal. IN: KLEIN, B. G. **Tratado de Fisiologia**
1005 **Veterinária**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.531-568.
- 1006 VERLANDER, J.W. Fisiologia renal. In: KLEIN, B. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**.
1007 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.443-470.
- 1008 VIEGI, L; PIERONI, A; GARRERA, P. M; VANGELISTI, R;. A review of plants used in folk
1009 veterinary medicine in Italy as basics for a databank. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 89,
1010 p. 223 –233, 2003.

- 1011 WANDERLEY, W. L. et al. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à
1012 silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista**
1013 **Brasileira de Zootecnia**, v.31, p. 273-281, 2002.
- 1014 WITZEL, D. A.; JONES, L. P.; IVIE, G. W. Pathology of subacute bitterweed (*Hymenoxys*
1015 *odorata*) poisoning in sheep. **Veterinary Pathology**, v.14, p.73–78, 1977.